



Universidade de Aveiro Departamento de Biologia
Ano 2017

DAVID JOSÉ VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DO
RODRIGUES MATEUS RECRUTAMENTO DE *Pollicipes pollicipes* NA
REGIÃO DE SINES

DECLARAÇÃO

Declaro que esta dissertação é integralmente da minha autoria, estando devidamente referenciadas as fontes e obras consultadas, bem como identificadas de modo claro as citações dessas obras. Não contém, por isso, qualquer tipo de plágio quer de textos publicados, qualquer que seja o meio dessa publicação, incluindo meios eletrônicos, quer de trabalhos acadêmicos.



DAVID JOSÉ RODRIGUES MATEUS VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DO RECRUTAMENTO DE *Pollicipes pollicipes* NA REGIÃO DE SINES

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Biologia Marinha realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Henrique Queiroga do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro, da Professora Doutora Teresa Cruz do Departamento de Biologia da Universidade de Évora e do Doutor David Jacinto, investigador do MARE - Centro de Ciência do Mar e do Ambiente, Universidade de Évora.

Dissertação de mestrado no âmbito dos projetos “Tools for the transition to spatial management of coastal resources: the stalked barnacle fishery in SW Europe” (BIODIVERSA/0006/2015) e “AQUAPOLLIS+ Aquaculture of the stalked barnacle (*Pollicipes pollicipes*)” (ALT20-03-0145-FEDER-000003).

O Júri

Presidente

Doutora Ana Isabel Lillebo Batista
Investigadora Principal, Universidade de Aveiro

Vogal – Arguente Principal

Doutora Luciana de Melo Santos Génio
Bolseira de Pós-Doutoramento, Universidade de Aveiro

Vogal – Orientadora

Professora Doutora Teresa Paula Gonçalves Cruz
Professora Auxiliar, Universidade de Évora

Agradecimentos

Agradeço

À Universidade de Aveiro e à Universidade de Évora não só por terem sido as instituições que me acolheram para desenvolver esta dissertação, mas por tudo o que me proporcionaram tanto a nível profissional como pessoal. Ganhei não só em experiência e conhecimento, mas também em amizades que fiz ao longo deste tempo.

Ao Professor Henrique Queiroga pela disponibilidade, prontidão e orientação.

À Teresa, ao David e à Joana um obrigado especial pela excelente orientação, amizade e por serem os melhores exemplos que alguém pode ter.

Ao João Castro por ter permitido que o CIEMAR tivesse sido como uma segunda casa, e a toda a família do laboratório que de forma direta ou indireta me ajudou na realização do trabalho de campo, que me aconselhou e motivou ao longo do tempo.

Aos voluntários da Universidade de Coimbra, da Universidade de Évora, do Politécnico de Peniche e às estagiárias que me ajudaram em algum do trabalho de campo e na construção das jaulas de rede para utilizar nas experiências.

Ao Vicente e ao Filipe.

À Bianca Reis, ao Pedro Nunes, ao Rui Silva, à Catarina Monteiro e ao Rodrigo Teles.

Ao G.A.Jo.

À Filipa Sobreira, à Raquel Lisboa e ao Henrique Santos.

À minha irmã por todo o apoio e pelas correções do texto.

Por fim, um obrigado especial aos meus pais por todos os valores e ensinamentos transmitidos, por todo o carinho que um filho pode pedir e por terem lutado para me proporcionar este percurso. Sem eles certamente que não tinha sido possível.

“Sê todo em cada coisa. Põe quanto és. No mínimo que fazes.”
Ricardo Reis *In* Odes de Ricardo Reis, Fernando Pessoa, 1946

Palavras-chave

Recrutamento, disponibilidade larvar, substrato artificial, cirrípedes, *Pollicipes pollicipes*, SW Portugal.

Resumo

Pollicipes pollicipes é um crustáceo cirrípede que habita o intertidal rochoso em locais muito expostos à ondulação. O percebe é um recurso natural com valor económico e bastante explorado em Portugal. O recrutamento é um processo chave que afeta a dinâmica populacional desta espécie.

O presente trabalho realizado na região de Sines, SW de Portugal, teve como objetivos principais estudar: a variação temporal e espacial do recrutamento do percebe num substrato artificial novo (“barticle”) e em conspecíficos adultos; a relação da variação temporal do recrutamento do percebe com variáveis ambientais; a variação espacial e temporal da disponibilidade de *cypris* (último estado larvar) do percebe.

Foram realizados vários estudos em que os resultados indicam que na costa litoral da região de Sines: o recrutamento do percebe foi mais elevado entre o final de julho de 2016 e o final de outubro de 2016 em “barticles” e até ao início de dezembro em conspecíficos; o recrutamento em “barticles” durante 1, 2 e 3 meses foi sempre superior ao somatório do recrutamento quinzenal que ocorreu a essas escalas; o recrutamento em “barticles” durante 6 meses foi inferior ao respetivo somatório do recrutamento mensal, em 2 e em 3 meses; a estrutura dimensional dos juvenis variou consoante o tipo de substrato (“barticles” ou conspecíficos) e foram observados mais juvenis de menores dimensões, $RC < 0.6$ mm (distância máxima entre as placas *rostrum-carina*) nas datas de verão. O índice de recrutamento quinzenal medido em “barticles” demonstrou ser um bom índice para estimar o recrutamento de *Pollicipes pollicipes* pelo facto de se ter obtido uma boa estimativa do recrutamento num período de tempo conhecido assim como a idade máxima dos recrutas. O número de *cypris* e de juvenis com $RC < 0.6$ mm foi o índice que apresentou maior correlação positiva significativa com o recrutamento em “barticles”.

Foram obtidas correlações positivas significativas entre o recrutamento médio quinzenal em “barticles” e a temperatura do ar e a temperatura da água do mar ($r=0.876$ e $r=0.711$, respetivamente; $p<0.05$). Observou-se a presença de *cypris* de percebe no interior do Porto de Sines (Porto de Receio) mas não se obtiveram padrões espaciais (Cabo de Sines/Porto de Sines) e temporais (noite/dia; várias horas do dia) da disponibilidade de *cypris*.

O recrutamento de percebe variou espacialmente tendo havido ausência de recrutamento em “barticles” nas zonas menos expostas no Cabo de Sines, no Porto de Sines e no nível subtidal. Registou-se recrutamento em conspecíficos em todos os locais (Cabo de Sines e Porto de Sines) e em diferentes níveis verticais (intertidal e subtidal).

keywords

Recruitment, larval availability, artificial substratum, barnacles, *Pollicipes pollicipes*, SW of Portugal.

Abstract

Pollicipes pollicipes (Crustacea: Cirripedia) lives in habitats extremely exposed to hydrodinamism. *P. pollicipes* is a very important economic resource in Portugal and is intensively harvested. Recruitment is an important process and can affect population dynamics of this species.

The main goal of the present work, carried out in Sines region (SW Portugal), was to study: the temporal and spatial variation of *P. pollicipes* recruitment using an artificial substratum (“barticle”) and adults of *P. pollicipes*; the relationship between temporal variability of recruitment and environmental variables; the temporal and spatial variability of larval supply;

Results suggest that in Sines region: barnacle recruitment was higher between the end of July (2016) and the end of October (2016) in “barticles” and until December on adults; monthly recruitment and recruitment during 2 and 3 months was always higher than the sum of the respective biweekly recruitment measured at these scales; recruitment during 6 months was lower than the respective sum of monthly recruitment and recruitment during 2 and 3 months; size structure of *P. pollicipes* juveniles was different in “barticles” recruitment and in adults, and more juveniles with $RC < 0.6$ mm (rostrum-carinal length) were observed on “barticles” during summer.

Biweekly recruitment in “barticles” has been considered a good index of recruitment of *P. pollicipes* and the number of *cypris* and juveniles with $RC < 0.6$ mm was the index that has shown to be better correlated with the biweekly recruitment on “barticles”. There was a positive correlation between biweekly recruitment on “barticles” and air and sea surface temperature ($r_s = 0.876$ and $r_s = 0.711$, respectively; $p < 0.05$).

Cypris of *P. pollicipes* were recorded inside of Port of Sines but no temporal (night/day; at several hours) or spatial (Cape of Sines versus Port of Sines) larvae availability patterns were detected.

Recruitment of *P. pollicipes* varied according to location, being null in “barticles” of sheltered regions of the Cape of Sines and of the Port of Sines and in the subtidal level. Recruitment on conspecifics was recorded in all studied areas (Cape of Sines and Port of Sines) and in different vertical levels (intertidal and subtidal).

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| LISTA DE FIGURAS..... | VII |
| LISTA DE TABELAS..... | X |
| | |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 – O percebe, <i>Pollicipes pollicipes</i> (Gmelin, 1790)..... | 2 |
| 1.2 – Disponibilidade larvar e recrutamento | 6 |
| 1.3 – Recrutamento de percebe em substrato artificial | 9 |
| | |
| 2. OBJECTIVOS..... | 11 |
| 2.1 – Recrutamento de percebe no Cabo de Sines utilizando vários índices de recrutamento: comparação entre índices e medições a várias escalas dimensionais e temporais..... | 11 |
| 2.2 – Variação temporal do recrutamento no Cabo de Sines e relação com variáveis ambientais. | 12 |
| 2.3 – Variação temporal da disponibilidade larvar no Cabo de Sines e numa zona abrigada do Porto de Sines | 12 |
| 2.4 – Variação intradiária da disponibilidade larvar numa zona abrigada do Porto de Sines | 12 |
| 2.5 – Variabilidade a pequena escala do recrutamento em locais com acentuada variação de abundância de percebe: efeito da proximidade de conspecíficos..... | 13 |
| | |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 15 |
| 3.1 – Recrutamento de percebe no Cabo de Sines utilizando vários índices de recrutamento: comparação entre índices e medições a várias escalas dimensionais e temporais..... | 16 |
| 3.1.1 – Recrutamento em “barticles” | 16 |
| 3.1.2 – Recrutamento em conspecíficos | 19 |
| 3.1.3 – Comparação entre índices de recrutamento em “barticles” e em conspecíficos | 19 |
| 3.1.4 – Estrutura dimensional dos juvenis fixos em “barticles” | 21 |
| 3.1.5 – Estrutura dimensional dos juvenis fixos em conspecíficos | 22 |
| 3.2 – Variação temporal do recrutamento no Cabo de Sines e relação com variáveis ambientais. | 22 |
| 3.3 – Variação temporal da disponibilidade larvar no Cabo de Sines e numa zona abrigada do Porto de Sines | 24 |
| 3.4 – Variação intradiária da disponibilidade larvar numa zona abrigada do Porto de Sines | 26 |
| 3.5 – Variabilidade a pequena escala do recrutamento em locais com acentuada variação de abundância de percebe: efeito da proximidade de conspecíficos..... | 28 |

| | |
|---|--------|
| 3.5.1 – Recrutamento de percebe em “barticles” próximos de conspecíficos no seu habitat natural e de conspecíficos transplantados..... | 30 |
| 3.5.2 – Recrutamento de percebe em zonas com diferentes abundâncias de percebe/condições de hidrodinamismo | 32 |
| 3.5.2.1 – Recrutamento em “barticles” | 32 |
| 3.5.2.2 - Recrutamento em conspecíficos | 33 |
| 3.5.3 – Recrutamento de percebe em diferentes condições de imersão: intertidal e subtidal | 34 |
| 3.5.3.1 - Recrutamento em “barticles” colocados em diferentes substratos no intertidal (rocha e PVC)..... | 34 |
| 3.5.3.2 - Recrutamento em “barticles” na zona subtidal pouco profunda..... | 35 |
| 3.5.3.3 - Recrutamento em “barticles” em condições diferentes de imersão (intertidal e subtidal) utilizando o PVC como substrato: diferentes distâncias a um conjunto de conspecíficos..... | 36 |
| 3.5.3.4 - Recrutamento de percebe em conspecíficos em diferentes condições de imersão (intertidal e subtidal) | 37 |
| 4. RESULTADOS | 39 |
| 4.1 – Recrutamento de percebe no Cabo de Sines utilizando vários índices de recrutamento: comparação entre índices e medições a várias escalas dimensionais e temporais..... | 39 |
| 4.1.1 – Recrutamento em “barticles” | 39 |
| 4.1.2 – Recrutamento em conspecíficos..... | 43 |
| 4.1.3 – Comparação entre índices de recrutamento em “barticles” e em conspecíficos | 46 |
| 4.1.4 – Estrutura dimensional dos juvenis fixos em “barticles” | 48 |
| 4.1.5 – Estrutura dimensional dos juvenis fixos em conspecíficos | 52 |
| 4.2 – Variação temporal do recrutamento no Cabo de Sines e relação com variáveis ambientais. | 55 |
| 4.3 – Variação temporal da disponibilidade larvar no Cabo de Sines e numa zona abrigada do Porto de Sines | 58 |
| 4.4 – Variação intradiária da disponibilidade larvar numa zona abrigada do Porto de Sines | 59 |
| 4.5 – Variabilidade a pequena escala do recrutamento em locais com acentuada variação de abundância de percebe: efeito da proximidade de conspecíficos..... | 61 |
| 4.5.1 – Recrutamento de percebe em “barticles” próximos de conspecíficos no seu habitat natural e de conspecíficos transplantados. | 61 |
| 4.5.2 – Recrutamento de percebe em zonas com diferentes abundâncias de percebe/condições de hidrodinamismo | 63 |
| 4.5.2.1 – Recrutamento em “barticles” | 63 |

| | |
|--|----|
| 4.5.2.2 – Recrutamento em conspecíficos | 64 |
| 4.5.3 – Recrutamento de percebe em diferentes condições de imersão: intertidal e subtidal | 67 |
| 4.5.3.1 – Recrutamento em “barticles” colocados em diferentes substratos no intertidal (rocha e PVC)..... | 67 |
| 4.5.3.2 – Recrutamento em “barticles” na zona subtidal pouco profunda..... | 68 |
| 4.5.3.3 – Recrutamento em “barticles” em condições diferentes de imersão (intertidal e subtidal) utilizando o PVC como substrato: diferentes distâncias a um conjunto de conspecíficos. | 68 |
| 4.5.3.4 - Recrutamento de percebe em conspecíficos em diferentes condições de imersão (intertidal e subtidal) | 68 |
| 5. DISCUSSÃO | 72 |
| 6. CONCLUSÃO | 84 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 87 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Percebe, <i>Pollicipes pollicipes</i> em habitat natural. | 2 |
| Figura 2 - Distribuição global de <i>Pollicipes pollicipes</i> representada no mapa pela linha vermelha. | 3 |
| Figura 3 - Ciclo de vida de <i>Pollicipes pollicipes</i> . 1: assentamento larvar; 2: recrutamento; 3: Crescimento e fecundação cruzada. Adaptado de desenho de Telma Costa in Cruz <i>et al.</i> (2015). | 4 |
| Figura 4 - “Barticle”, bucha de nylon de 8 mm com um parafuso de inox de 40 mm. | 10 |
| Figura 5 - Mapa da área de estudo. P.A – Pedras Amarelas; P.N – Pedras Negras; P.R – Porto de Recreio; M.L – Molhe Leste. | 15 |
| Figura 6 - Plataforma flutuante (Molhe Leste). | 16 |
| Figura 7 – A: Conjunto de 35 “barticles” (sete linhas com cinco “barticles” cada, retângulo de 20x15 cm aprox.); B: “Barticles” com recrutas juvenis (recrutamento de 12 meses). | 17 |
| Figura 8 - Percebes adultos com recrutas juvenis. | 19 |
| Figura 9 - A: Percebe juvenil (Ca - carina; Ro - rostrum; RC - distância máxima entre rostrum-carina); B: Larva cypris de percebe. | 21 |
| Figura 10 - Armadilha de plâncton (“cypris trap”). 1: Tampa de visita; 2: União; 3: Bola de ténis de mesa; 4: Rede de plâncton; 5: Elástico; 6: Redução; 7: Funil; 8: Sifão; 9: Rede metálica. | 25 |
| Figura 11 - A e B: procedimento de filtragem da amostra de plâncton; C: Material para arrastos neustónicos. | 27 |
| Figura 12 - A: jaula de rede de menores dimensões; B: jaula de rede de maiores dimensões. | 29 |
| Figura 13 - A: mancha de percebe; B: pedaço de rocha com percebes (transplante com cola Z-Spar Splash Zone Epoxy); C: transplante de percebe protegido com jaula de rede de menores dimensões; D: transplante de percebe e “barticles” protegidos por uma jaula de rede. | 31 |
| Figura 14 - Percebe juvenil marcado com calceína visto à luz epifluorescente. | 33 |
| Figura 15 - A: Conjunto de quatro “barticles” em rocha; B: conjunto de 4 “barticles” em PVC para medição do recrutamento na zona intertidal. | 35 |
| Figura 16 - Conjunto “barticles” cravados em PVC e num pedaço de rocha para medição do recrutamento na zona subtidal. | 36 |
| Figura 17 - Jaula de rede e placa de PVC (cloreto de polivinilo) utilizadas para medir o recrutamento em “barticles” e conspécíficos na zona intertidal e subtidal do Porto de Sines. Conjuntos de “barticles” a distâncias diferentes do transplante de percebes (5 e 20 cm). | 37 |
| Figura 18 - Recrutamento quinzenal médio de <i>Pollicipes pollicipes</i> entre 20 de julho e 29 de dezembro de 2016 (n=6). | 40 |
| Figura 19 - Recrutamento mensal médio de <i>Pollicipes pollicipes</i> em “barticles” entre 20 de julho de 2016 e 23 de junho de 2017 (n=6). | 40 |
| Figura 20 - Recrutamento médio de <i>Pollicipes pollicipes</i> em “barticles” a diferentes escalas temporais entre 20 de julho de 2016 e 23 de junho de 2017 (2, 3, 6 e 12 meses, n=6). | 40 |
| Figura 21 - Recrutamento médio de <i>Pollicipes pollicipes</i> em “barticles” (n=6). Comparação entre: o somatório das medições de recrutamento quinzenal e o respetivo recrutamento mensal, de 2 meses, de 3 meses e de 6 meses (quatro gráficos de cima); o somatório das medições de recrutamento mensal e o respetivo recrutamento de 2 meses e de 3 meses (dois gráficos do meio); o recrutamento de 6 meses e os respetivos somatórios de recrutamento mensal, de 2 meses e de 3 meses (três gráficos de baixo). | 42 |
| Figura 22 - N° médio de cypris em conspécíficos entre 7 de julho de 2016 e 27 de julho de 2017 (n=30). | 43 |
| Figura 23 - N° médio de cypris e de juvenis fixos em conspécíficos entre 7 de julho de 2016 e 27 de julho de 2017 (n=30; juvenis com RC<0.6 mm e RC<1 mm). | 44 |

| | |
|--|----|
| Figura 24 – Percentagem de conspécificos com recrutas (<i>cypris</i> e <i>cypris</i> ou juvenis com $RC < 0.6$ mm e $RC < 1$ mm) entre 7 de julho de 2016 e 27 de julho de 2017 (n=30). | 45 |
| Figura 25 - Estrutura dimensional (RC, mm) dos juvenis fixos em “barticles” nas diferentes datas de recrutamento quinzenal (7 de julho de 2016 a 29 de dezembro de 2016). | 49 |
| Figura 26 - Estrutura dimensional (RC, mm) dos juvenis fixos em “barticles” nas diferentes datas de recrutamento mensal (7 de julho de 2016 a 23 de junho de 2017). | 50 |
| Figura 27 - Estrutura dimensional (RC, mm) dos juvenis fixos em “barticles” nas diferentes datas de recrutamento de 2 meses (7 de julho de 2016 a 23 de junho de 2017). | 51 |
| Figura 28 - Estrutura dimensional (RC, mm) dos juvenis fixos em “barticles” nas diferentes datas de recrutamento de 3 meses (7 de julho de 2016 a 23 de junho de 2017). | 51 |
| Figura 29 - Estrutura dimensional (RC, mm) dos juvenis fixos em “barticles” nas diferentes datas de recrutamento de 6 meses (7 de julho de 2016 a 23 de junho de 2017). | 52 |
| Figura 30 - Estrutura dimensional (RC, mm) dos juvenis fixos em “barticles” na escala temporal de 12 meses (7 de julho de 2016 a 23 de junho de 2017)..... | 52 |
| Figura 31 - Estrutura dimensional (RC, mm) dos juvenis fixos em conspécificos nas diferentes datas de amostragem (7 de julho de 2016 a 29 de dezembro de 2016)..... | 53 |
| Figura 32 - Recrutamento quinzenal de <i>Pollicipes pollicipes</i> em “barticles” e temperatura do ar durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro. | 55 |
| Figura 33 - Recrutamento quinzenal de <i>Pollicipes pollicipes</i> em “barticles” e temperatura da água do mar durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro..... | 56 |
| Figura 34 - Recrutamento quinzenal de <i>Pollicipes pollicipes</i> em “barticles” e humidade relativa durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro. | 56 |
| Figura 35 - Recrutamento quinzenal de <i>Pollicipes pollicipes</i> em “barticles” e período da ondulação durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro. | 56 |
| Figura 36 - Recrutamento quinzenal de <i>Pollicipes pollicipes</i> em “barticles” e altura da ondulação durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro. | 57 |
| Figura 37 - Recrutamento quinzenal de <i>Pollicipes pollicipes</i> em “barticles” e velocidade do vento durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro. | 57 |
| Figura 38 - Recrutamento quinzenal de <i>Pollicipes pollicipes</i> em “barticles” e stress do vento nas componentes este-oeste (τ_x) durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro. | 57 |
| Figura 39 - Recrutamento quinzenal de <i>Pollicipes pollicipes</i> em “barticles” e stress do vento nas componentes sul-norte (τ_y) durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro. | 58 |
| Figura 40 - Recrutamento quinzenal de <i>Pollicipes pollicipes</i> em “barticles” e afloramento costeiro durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro. | 58 |
| Figura 41 - Disponibilidade larvar de <i>cypris</i> de <i>Pollicipes pollicipes</i> em 4 dias no Cabo de Sines e no Porto de Recreio (Porto de Sines) amostradas por armadilhas de plâncton (“ <i>cypris</i> trap”) entre 22 de agosto de 2016 e 1 de outubro de 2016 (n=2)..... | 59 |
| Figura 42 - Disponibilidade de larvas <i>cypris</i> de <i>Pollicipes pollicipes</i> no Porto de Recreio de Sines amostradas por armadilhas de plâncton (“ <i>cypris</i> trap”) em diferentes períodos do dia (D - dia; N - noite; n=2). | 60 |
| Figura 43 - Disponibilidade de larvas <i>cypris</i> de <i>Pollicipes pollicipes</i> no Porto de Recreio (Porto de Sines) amostradas por arrastos neustónicos a várias horas do dia (0h, 10h, 13h, 18h e 22h) entre 24 de setembro e 1 de outubro de 2016 (n=1). | 61 |
| Figura 44 - Recrutamento de <i>Pollicipes pollicipes</i> em “barticles” colocados a diferentes distâncias de um conjunto de percebes na zona onde é abundante (naturais e transplantes)..... | 62 |
| Figura 45 - Recrutamento de <i>Pollicipes pollicipes</i> em “barticles” colocados a diferentes distâncias de um conjunto de percebes transplantados para locais com diferentes abundâncias desta espécie. | 63 |

| | |
|--|----|
| Figura 46 - Recrutamento de <i>Pollicipes pollicipes</i> em conspecíficos transplantados para locais com diferentes abundâncias de percebe (-H: local com menor hidrodinamismo; +H: local com mais hidrodinamismo; P. R - Porto de Recreio; M.L - Molhe Leste). Cada gráfico corresponde a uma variável diferente (nº médio de juvenis marcados, número médio de <i>cypris</i> e nº médio de juvenis não marcados (n=8). | 65 |
| Figura 47 - Recrutamento de <i>Pollicipes pollicipes</i> em “barticles” colocados em diferentes substratos (rocha e PVC) e em locais com diferentes abundâncias de percebe (-H: local com menor hidrodinamismo; +H: local com mais hidrodinamismo; P.R: Porto de Recreio; M.L: Molhe Leste)...... | 67 |
| Figura 48 - Recrutamento de <i>Pollicipes pollicipes</i> em conspecíficos transplantados para diferentes níveis verticais (intertidal e subtidal) do Porto de Sines (P.R – Porto de Recreio; M.L – Molhe Leste)..... | 70 |
| Figura 49 – A: “Barticle” colocado na zona intertidal de uma área resguarda no interior do Porto de Sines; B: “Barticles” colocados na zona subtidal de uma área resguardada no interior do Porto de Sines. | 82 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Correlações de Spearman entre o recrutamento de <i>P. pollicipes</i> em "barticles" (n° de recrutas) e em conspecíficos (n° de recrutas e percentagem de conspecíficos com recrutas com RC<0.6 mm e RC<1 mm). | 47 |
| Tabela 2 - Resultado da ANOVA do recrutamento em "barticles" em relação aos fatores: área (Ar); transplante/natural (Tr); predação (Pr); distância (Di). N=4. Análise efetuada sem transformação de dados (Teste de Cochran: C= 0.274, P>0.05). Legenda: g.l. – graus de liberdade; M.Q – média dos quadrados..... | 62 |
| Tabela 3 - Resultado da ANOVA e dos testes SNK do recrutamento de percebe em conspecíficos (juvenis marcados) em relação aos fatores: local (Lo); hidrodinamismo (Hi). N=8. Análise efetuada com transformação dos dados por log (x) +1 (Teste de Cochran: C= 0.3347, P<0.05. Legenda: P.A – Pedras Amarelas; P.N – Pedras Negras; P.S – Porto de Sines; g.l. – graus de liberdade; MQ – média dos quadrados. "<" ou ">" – diferença significativa (P<0.05). | 66 |
| Tabela 4 - Resultado da ANOVA e dos testes SNK do recrutamento de percebe em conspecíficos (cypris e juvenis não marcados) em relação aos fatores: local (Lo); hidrodinamismo (Hi). N=8. Análise efetuada com transformação dos dados por raiz quadrada (Teste de Cochran: C= 0.3335, P>0.05). Legenda: P.A – Pedras Amarelas; P.N – Pedras Negras; P.S – Porto de Sines; g.l. – graus de liberdade; MQ – média dos quadrados. "<" ou ">" – diferença significativa (P<0,05). | 66 |
| Tabela 5 - Resultado da ANOVA do recrutamento de percebe em "barticles" em relação aos fatores: substrato (Su); local (Lo); hidrodinamismo (Hi). N=4. Análise efetuada sem transformação de dados (Teste de Cochran: C= 0.6479, P<0.01). Legenda: g.l. – graus de liberdade; MQ – média dos quadrados. "<" ou ">" – diferença significativa (P<0,05). | 68 |
| Tabela 6 - Resultado da ANOVA do recrutamento de percebe em conspecíficos (recrutas marcados) em relação aos fatores: nível vertical (Ni); área (Ar); N=8. Análise efetuada com transformação dos dados por log(x)+1 (Teste de Cochran: C= 0.4710, P>0.05). Legenda: g.l.– graus de liberdade; MQ – média dos quadrados..... | 71 |
| Tabela 7 - Resultado da ANOVA do recrutamento de percebe em conspecíficos (cypris e recrutas não marcados) em relação aos fatores: nível vertical (Ni); Ar (Ar); N=8. Análise efetuada com transformação dos dados por log(x)+1 (Teste de Cochran: C= 0.9583, P<0.01). Legenda: M.L – Molhe Leste; P.R – Porto de Recreio; g.l. – graus de liberdade; MQ – média dos quadrados. "<" ou ">" – diferença significativa (P<0,05). | 71 |

1. INTRODUÇÃO

A zona intertidal, zona do litoral exposta ao ar durante a maré baixa e submersa durante a preia-mar, é um dos ecossistemas marinhos mais produtivos e tem uma elevada biodiversidade (Suchanek, 1994).

A maioria das espécies marinhas bentónicas intertidais tem, ao longo do seu ciclo de vida, uma fase planctónica que se desenvolve durante vários dias, semanas ou meses na coluna de água, até alcançar a forma de um juvenil/adulto bentónico. A dispersão, a sobrevivência, a fixação/assentamento das larvas e o recrutamento influenciam a dinâmica e a estrutura das populações adultas assim como das comunidades envolventes (Connell, 1985; Pineda, 2000; Morgan, 2001; Underwood & Keough, 2001; Strathmann *et al.*, 2002; Morgan & Anastasia, 2008).

Enquanto o assentamento larvar envolve o processo de chegada e fixação das larvas ao substrato, a outros organismos ou aos próprios conspecíficos, o recrutamento integra o processo de assentamento e o de mortalidade pós-assentamento e que ocorre até ao momento da observação (Connell, 1985). O recrutamento é um processo chave que afeta a dinâmica populacional das espécies litorais (Pineda, 2000), sendo que em espécies exploradas, este processo é também fundamental na recuperação dessas populações após a exploração (Sousa *et al.*, 2013; Cruz *et al.*, 2015a).

O presente trabalho recai sobre a variação espacial e temporal do recrutamento de percebe (*Pollicipes pollicipes*) na região de Sines. Esta espécie pode ser considerada como o recurso marinho intertidal com maior valor económico da costa de Portugal continental (Jacinto *et al.*, 2011; Sousa *et al.*, 2013).

1.1 – O percebe, *Pollicipes pollicipes* (Gmelin, 1790)

Pollicipes pollicipes (Gmelin, 1790), ou percebe (Figura 1) como é, habitualmente, designado em Portugal, é um crustáceo cirrípede (superordem Thoracica) que possui um ciclo de vida com duas fases: a fase larvar livre e a adulta sésil/bentónica (Barnes, 1996; Cruz, 2000).



Figura 1 - Percebe, *Pollicipes pollicipes* em habitat natural.

Esta espécie distribui-se essencialmente na zona intertidal e subtidal pouco profunda de substrato rochoso, podendo ser encontrada ao longo da costa oeste da Europa, desde o noroeste de França até Portugal, e no noroeste de África, desde Marrocos até ao Senegal, sendo mais abundante em zonas com um elevado hidrodinamismo (Figura 2) (Barnes, 1996). Na costa de Portugal continental, o percebe é mais abundante em locais expostos diretamente à ondulação dominante de noroeste (Cruz, 2000), nomeadamente a Reserva Natural das Berlengas (RNB), o Parque Marinho Professor Luiz Saldanha (PMLS) e o Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina (PNSACV) (Sousa *et al.*, 2013), entre outros. Nos locais menos expostos à ondulação, os percebe são raros ou ausentes, ou restringem-se a áreas como fendas e grutas (Sousa *et al.*, 2013; Jacinto & Cruz, 2016). No litoral sudoeste de Portugal continental, segundo Cruz (2000), são vários os locais nos quais o percebe é considerado abundante (ex.: Cabo de Sines, Cabo Sardão, Pedra da Atalaia, Pontal da Carrapateira, Cabo de S. Vicente). Nestes locais, o percebe vive em associação com outros organismos

como mexilhões (*Mytilus galloprovincialis*), cracas (*Perforatus perforatus* e *Chthamalus montagui*) e algas (Cruz, 2000).

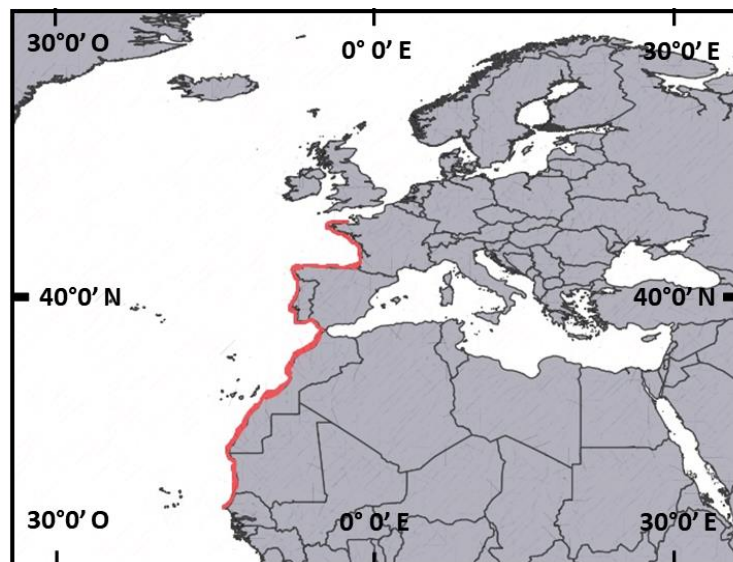


Figura 2 - Distribuição global de *Pollicipes pollicipes* representada no mapa pela linha vermelha.

Um estudo realizado sobre a distribuição e a abundância do percebe na costa centro e sudoeste de Portugal continental revelou diferenças relativamente à densidade, à percentagem de cobertura e à biomassa desta espécie, tendo em conta a distribuição vertical do percebe na zona intertidal (Sousa *et al.*, 2013). Deste modo, foram encontrados valores mais elevados referentes a estas três variáveis no nível médio da zona intertidal comparativamente ao nível inferior, sendo que este último apresenta indivíduos adultos de maiores dimensões tendo por isso um valor comercial mais elevado. Finalmente, o nível médio apresenta abundâncias mais elevadas de indivíduos juvenis.

Assim como outros cirrípedes pertencentes à superordem Thoracica, o percebe é uma espécie hermafrodita simultânea e realiza fecundação interna através de uma pseudo-cópula, atuando um dos indivíduos como macho e outro como fêmea (Anderson, 1994; Cruz & Hawkins, 1998). A fecundação ocorre na cavidade do manto onde os ovos se desenvolvem sendo libertados para a água no primeiro estágio *nauplius* (Walker, 1992; Anderson, 1994). O desenvolvimento larvar dos percebes passa por seis estados *nauplius* e um último estado *cypris*. No último dos seis estados *nauplius*, as larvas sofrem uma metamorfose atingindo o estado *cypris*, que se diferencia de todos os outros estados

larvares, e que após a fixação ao substrato rochoso ou aos conspecíficos, dá origem a um percebe juvenil (Figura 3) (Barnes, 1996). Ao longo dos primeiros seis estados *nauplius*, as larvas dos percebes alimentam-se de plâncton (larvas planctotróficas), no entanto no estado *cypris* estas não se alimentam (larva lecitotrófica), recorrendo apenas às suas reservas lipídicas (Barnes, 1996).

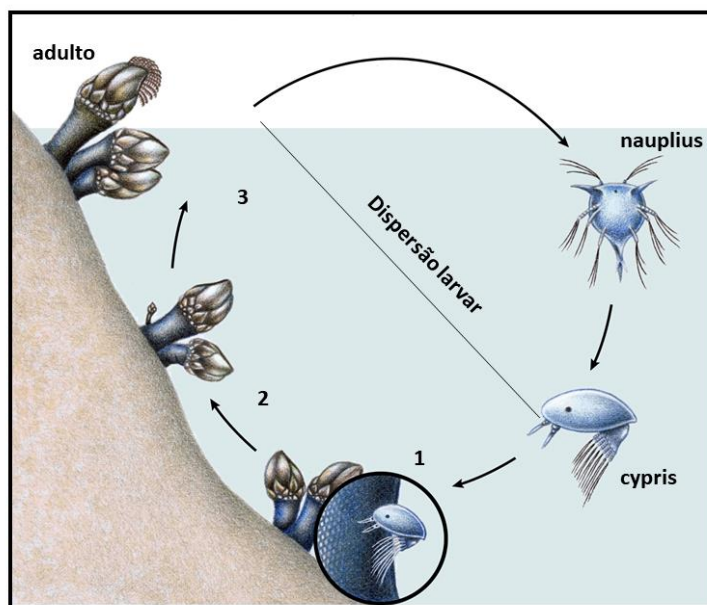


Figura 3 - Ciclo de vida de *Pollicipes pollicipes*. 1: assentamento larvar; 2: recrutamento; 3: Crescimento e fecundação cruzada. Adaptado de desenho de Telma Costa in Cruz *et al.* (2015b).

No SW de Portugal, a época reprodutiva de *P. pollicipes* é mais intensa entre abril e setembro (Cardoso & Yule, 1995; Cruz & Hawkins, 1998; Cruz, 2000), sendo que esta pode ser influenciada através de variáveis como a temperatura, a salinidade, o fotoperíodo e a disponibilidade alimentar (Barnes, 1996). No que diz respeito ao recrutamento dos percebes, este é mais intenso durante as estações do verão e do outono (Cruz *et al.*, 2010). Apesar de as larvas de percebe também se fixarem à rocha ou a outros organismos, observa-se um elevado número de juvenis fixos a outros percebes (Cruz *et al.*, 2010).

O crescimento do percebe ocorre por acreção, no caso das placas calcárias do *capitulum* ou unha, enquanto o crescimento do pedúnculo é realizado por produção de exosqueleto peduncular na zona entre o *capitulum* e o pedúnculo (Barnes, 1996; Cruz,

2000). Estudos de crescimento realizados com esta espécie sugerem que sejam necessários entre um e dois anos para um percebe atingir o tamanho comercial e indicam uma elevada variabilidade deste processo (Cruz *et al.*, 2010; Jacinto *et al.*, 2015). Recentemente, tem sido utilizado o método de marcação de percebes com calceína como técnica de marcação química que permite identificar os animais marcados numa determinada data e estudar o crescimento de um número elevado de indivíduos e de tamanhos diversificados (Helms, 2004; Jacinto *et al.*, 2015). A calceína é um fluorocrómio que se incorpora nas estruturas calcárias dos indivíduos em crescimento e é visível sob uma luz de epifluorescência (Moran, 2000). O método de marcação com calceína permite obter um grande número de indivíduos marcados num curto espaço de tempo (Helms, 2004; Jacinto *et al.*, 2015).

Na Península Ibérica, o percebe é um recurso natural que apresenta um valor económico elevado, levando à intensa exploração do mesmo para fins alimentares (Jesus, 2003; Molares & Freire, 2003; Bald *et al.*, 2006; Borja *et al.*, 2006b; Jacinto *et al.*, 2011; Cruz *et al.*, 2015a). Pelo facto de ocorrer em locais de difícil acesso, expostos à agitação marítima, e da apanha do percebe apresentar alguns perigos para os apanhadores, este recurso da zona intertidal pode atingir um valor de cerca de 150€/Kg em certos locais da Península Ibérica. No entanto, e sendo um recurso bastante explorado, em Portugal a apanha comercial de percebe está sujeita a legislação específica, na qual são regulamentados aspetos como o tamanho do percebe, o limite diário das capturas, a época de defeso e o número de licenças para apanhadores profissionais (Sousa *et al.*, 2013). A legislação referente à apanha do percebe varia ao longo da costa Portugal continental, estando dividida em 5 regiões: a Reserva Natural das Berlengas (RNB) e o Parque Marinho Prof. Luiz Saldanha (PMLS), situados no centro de Portugal, o Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina (PNSACV), a restante costa (Sousa *et al.*, 2013) e o Parque Natural do Litoral Norte.

Num estudo recente (Cruz *et al.*, 2015a), com base em diferentes metodologias (inquéritos a apanhadores profissionais, análise de manifestos de apanha, observações no terreno e no laboratório sobre a percentagem de cobertura e biomassa do percebe), foi definido o estado do percebe e da gestão da sua exploração em várias regiões da costa de

Portugal Continental (Reserva Natural das Berlengas (RNB), costa centro, Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina (PNSACV, incluindo o Cabo de Sines). Foi detetada uma tendência geral negativa do estado do percebe em todas as regiões, com exceção do PNSACV onde foi considerado que o percebe apresentava uma tendência negativa (com base na informação biológica) ou estável (com base na informação disponibilizada nos inquéritos realizados a apanhadores profissionais). Relativamente ao estado da gestão da apanha do percebe, no centro e no PNSACV, a gestão atualmente praticada foi considerada fraca, enquanto uma gestão aceitável foi inferida para a RNB.

Deste modo, e apesar de ser uma espécie explorada e com elevado valor económico, não há conhecimento de casos de sucesso de aquacultura do percebe. No entanto, num projeto recente sobre a viabilidade biológica e económica da aquacultura do percebe (projeto AQUAPOLLIS) foi desenvolvido com sucesso um substrato artificial no qual ocorre a fixação de *cypris* de percebe e a consequente metamorfose em percebes juvenis (ver secção 1.3), facto que poderá, no futuro, permitir a aquacultura do percebe (Cruz *et al.*, 2016b).

1.2 – Disponibilidade larvar e recrutamento

O recrutamento de espécies marinhas bentónicas é um processo complexo uma vez que resulta de múltiplos processos que potencialmente afetam as populações bentónicas, incluindo a produção de larvas, a dispersão e disponibilidade larvar, o transporte larvar, o assentamento e os processos bióticos (ex: competição e predação) e abióticos (ex: afloramento costeiro, correntes oceânicas) de pós-assentamento (Pineda *et al.*, 2009). As interações físicas e biológicas que influenciam a dispersão e a disponibilidade de larvas de invertebrados marinhos e o seu assentamento na costa oeste da Península Ibérica foram revistas por Queiroga *et al.* (2007). São incluídas migrações verticais diárias que podem permitir a retenção larvar numa costa sujeita a afloramento costeiro como é a costa portuguesa, transporte por correntes de maré, transporte para a costa por relaxamento do afloramento costeiro, e transporte por correntes induzidas pelo vento. Em Portugal Continental o afloramento costeiro (upwelling) ocorre com maior intensidade de julho a setembro devido ao vento proveniente de norte durante os meses

de junho, julho e agosto (Wooster *et al.*, 1976; Parrish *et al.*, 1981; Fiúza *et al.*, 1982; Fiúza, 1984; Santos *et al.*, 1997). O afloramento costeiro é um processo oceanográfico que conjugado pela ação do vento e do efeito de Coriolis fazendo com que as massas de água mais superficiais sejam deslocadas para uma zona mais afastada da costa, ocorrendo assim a ascensão de águas mais profundas junto à costa. Quando ocorre o relaxamento do vento, verifica-se o processo contrário em que a água mais afastada torna a voltar para junto da costa (downwelling) (Ekman, 1905).

São vários os estudos realizados com espécies marinhas evidenciam a importância do processo de afloramento costeiro no recrutamento dessas espécies. Num estudo realizado no norte da Califórnia foi encontrada uma relação positiva entre o assentamento larvar de caranguejos (*Cancer* spp.) e os períodos de relaxamento associados à temperatura da água do mar mais elevada (Wing *et al.*, 1995). Farrell *et al.* (1991) observou quatro picos de recrutamento de cirrípedes *Balanus glandula* e *Chthamalus* spp. durante períodos de relaxamento do vento e cessação do afloramento costeiro (downwelling) num estudo realizado na baía de Monterey na costa da Califórnia.

Locais menos expostos à ondulação (zona resguardada de cabos, portos e baías) são propícios à acumulação larvar (Morgan & Fisher, 2010), enquanto nas zonas mais expostas à ondulação, pode dar-se o afastamento larvar durante os eventos de afloramento costeiro (Roughan *et al.*, 2005). Estas zonas de retenção larvar podem mais tarde fornecer as populações dos locais mais agitados com novos indivíduos consoante o efeito do vento e das correntes (Wing *et al.*, 1995; Roughan *et al.*, 2005; Morgan & Fisher, 2010). Num estudo realizado em Bodega Bay na Califórnia foram encontrados valores mais elevados de assentamento larvar de caranguejos, cirrípedes e mexilhão na zona mais protegida da agitação marítima comparativamente à zona exposta (Mace & Morgan, 2006).

O recrutamento do percebe tem sido estudado por diversos autores, sendo que são, normalmente, utilizados dois tipos de índice de recrutamento: número de *cypris* e de juvenis/recrutas fixos a percebes adultos; e percentagem de adultos com *cypris*/juvenis recrutas fixos (Hoffman, 1989; Barnes, 1996; Cruz, 2000; Macho, 2006; Cruz *et al.*, 2010). Como já foi referido anteriormente, o recrutamento dos novos indivíduos é bastante

intenso no pedúnculo dos adultos. Este padrão poderá dever-se, potencialmente a um comportamento das larvas de seletividade do habitat ou a uma diminuição da predação e do stress físico causado pelo elevado hidrodinamismo dos locais onde o percebe se distribui (Barnes, 1996; Cruz, 2000; Cruz *et al.*, 2010).

O facto de as larvas se fixarem em elevada abundância nos conspécíficos e a consequente distribuição gregária desta espécie, facilita a fecundação cruzada que ocorre nesta espécie (Cruz & Hawkins, 1998). Na costa sudoeste de Portugal continental observou-se que os indivíduos do nível inferior da zona intertidal onde o percebe ocorre apresentam um recrutamento mais elevado comparativamente ao nível superior (Sousa *et al.*, 2013). Esta variação pode estar relacionada com o maior tempo de imersão e a menor taxa de mortalidade associada à predação e às condições abióticas (Cruz, 2000; Cruz *et al.*, 2010).

Em trabalhos realizados anteriormente na região de Sines (Cruz *et al.*, 2013; Figueira, 2015; Jacinto, 2016), foi estudada a restrição dos percebes a locais mais expostos (Cabo de Sines), tendo sido apresentadas duas hipóteses, as quais, possivelmente, justificam esta observação: uma fraca disponibilidade de *cypris* de percebe em locais abrigados (Porto de Sines) ou o insucesso do recrutamento em locais abrigados (Porto de Sines). Foi observada disponibilidade de *cypris* de percebe em ambos os locais durante o verão, mas a abundância de *cypris* no Cabo de Sines foi mais elevada do que no Porto de Sines na maioria das datas comparadas (Figueira, 2015). Por outro lado, quando foram transplantados percebes dentro de jaulas para locais abrigados (Porto de Sines e costa imediatamente a sul do Cabo de Sines), foi observado recrutamento nos percebes transplantados quer em locais expostos quer em locais abrigados (Jacinto *et al.*, 2010; Jacinto, 2016). Outros estudos investigaram o processo de predação como causador da maior abundância de percebes em locais expostos, tendo neste caso sido suportada esta hipótese, pois percebes que foram transplantados para locais abrigados no interior de jaulas apresentaram taxas de sobrevivência semelhante à dos percebes de locais expostos (Sousa, 2007; Jacinto *et al.*, 2015).

1.3 – Recrutamento de percebe em substrato artificial

Vários são os estudos que recorreram à utilização de substratos artificiais para estimar o recrutamento de crustáceos cirrípedes. Num estudo realizado no sudoeste de Portugal continental (Praia da Oliveirinha, Sines) utilizou-se um substrato artificial composto por fita antiderrapante colada numa placa de PVC (cloreto de polivinilo) de modo a avaliar o recrutamento (número total de *cypris* e juvenis) de *Chthamalus montagui* (Jacinto & Cruz, 2008). Este substrato tem sido utilizado em vários estudos sobre recrutamento de cracas (Menge *et al.*, 2000, 2010; Tapia & Navarrete, 2010).

Relativamente aos percebes, até recentemente, apenas se obtiveram taxas de fixação larvar/recrutamento relativamente baixas em substratos artificiais colocados no terreno ou em laboratório (Coelho, 1991; Kugele & Yule, 1996; Cruz, 2000; Franco, 2014; Jacinto, 2016). O assentamento de larvas de percebe foi estudado por Jacinto (2016), que utilizou tubos de PVC cortados ao meio com a mesma fita anteriormente descrita colada no interior do tubo. A concavidade do tubo ficava voltada para baixo de forma a fornecer proteção às *cypris* e juvenis fixos ao substrato artificial.

Recentemente, foi desenvolvido um novo substrato artificial, “barticle”, que permitiu obter taxas de recrutamento assinaláveis e relativamente ao qual foi feito um pedido de patente provisório (Universidade de Évora, 2017). O “barticle” é um substrato artificial constituído por uma bucha de *nylon* com estrias longitudinais de 8 mm e um parafuso de inox de 40 mm como ilustra a Figura 4. Este coletor permite a fixação de *cypris* e por sua vez a sua metamorfose e o crescimento até ao estado adulto. Através da utilização dos “barticles” estão, atualmente, em desenvolvimento estudos de recrutamento, de crescimento e da viabilidade da aquacultura do percebe inseridos nos projetos AQUAPOLLIS+ (ALT20-03-0145-FEDER-000003) e PERCEBES (BIODIVERSA/0006/2015). No âmbito dos mesmos projetos, foi verificada a fixação larvar e o recrutamento de percebes em “barticles” na zona onde o percebe é abundante (locais expostos à ondulação no Cabo de Sines). Quando os “barticles” e respetivos percebes fixos foram transplantados para placas de PVC em ambiente de permanente imersão (subtidal, junto à superfície) numa plataforma flutuante (Molhe Leste no Porto de Sines) foi observada uma elevada sobrevivência, bem como registado crescimento elevado dos percebes

transplantados numa primeira fase do estudo (Mateus, 2015; Cruz *et al.*, 2016a). Por outro lado, observações até agora efetuadas indicam a ausência de recrutamento de percebe em “barticles” novos colocados em placas de PVC (cloreto de polivinilo) no subtidal junto à superfície na plataforma flutuante referida anteriormente (Cruz *et al.*, 2016a).

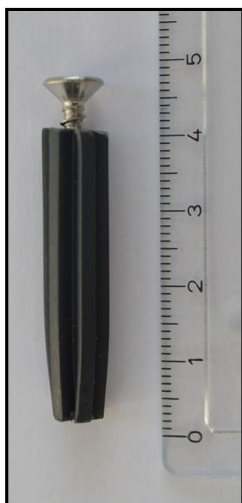


Figura 4 - “Barticle”, bucha de nylon de 8 mm com um parafuso de inox de 40 mm.

2. OBJECTIVOS

O presente trabalho teve como objetivo geral o estudo do recrutamento de percebe (*Pollicipes pollicipes*) na região de Sines a diferentes escalas espaciais e temporais, e está organizado em cinco estudos cujos objetivos específicos são apresentados em seguida.

2.1 – Recrutamento de percebe no Cabo de Sines utilizando vários índices de recrutamento: comparação entre índices e medições a várias escalas dimensionais e temporais

Em estudos anteriores (Cruz *et al.*, 2010) foram utilizados dois tipos de índice de recrutamento de percebes em conspecíficos: número de *cypris* e de juvenis (recrutas) fixos a percebes adultos; e percentagem de adultos com recrutas fixos. Nestes estudos, foram também utilizadas duas escalas dimensionais dos recrutas ($RC < 0.6$ mm e $RC < 1$ mm). No presente estudo, não só se compararam estes dois tipos de índice de recrutamento (medidos nas duas escalas dimensionais) em percebes adultos (designados de conspecíficos daqui em diante) que foram medidos com uma periodicidade aproximadamente quinzenal, como também foi utilizado um outro índice de recrutamento que corresponde ao número de *cypris* e juvenis que se fixaram em “barticles” num determinado período de tempo. No caso deste último índice, foi medido o recrutamento a várias escalas temporais (15 dias, 1, 2, 3, 6 e 12 meses).

O objetivo deste estudo recai sobre a definição da época de recrutamento do percebe consoante o índice utilizado e a comparação dos índices de recrutamento utilizados a diferentes escalas temporais e dimensionais, discutindo as vantagens e desvantagens da sua utilização. Adicionalmente, através da utilização do índice de recrutamento em “barticles”, será possível, pela primeira vez, estimar o tamanho dos percebes até uma idade máxima conhecida. A estrutura dimensional dos recrutas em conspecíficos durante o período de recrutamento será também descrita.

2.2 – Variação temporal do recrutamento no Cabo de Sines e relação com variáveis ambientais

Estudos anteriores relacionaram o recrutamento de espécies bentónicas com variáveis ambientais, como por exemplo o recrutamento de *Chtamalus* spp. com o afloramento costeiro e a temperatura da água do mar (Cruz *et al.*, 2003; Queiroga *et al.*, 2007). Assim sendo, com este estudo pretende-se relacionar a variação do recrutamento de *Pollicipes pollicipes* com variáveis ambientais de forma a compreender quais as que melhor explicam a variação do recrutamento desta espécie.

2.3 – Variação temporal da disponibilidade larvar no Cabo de Sines e numa zona abrigada do Porto de Sines

Estudos anteriores (Figueira, 2015) apontam para uma maior disponibilidade de *cypris* de percebe no Cabo de Sines do que no interior do Porto de Sines, contrariando teorias de uma maior retenção larvar na zona abrigada de cabos (Mace & Morgan, 2006). Assim sendo, através da utilização de armadilhas de plâncton (“*cypris* trap”) que serão fixadas ao substrato rochoso no Cabo de Sines e no Porto de Sines, será testada a hipótese de variação espacial da disponibilidade larvar entre o Cabo de Sines e o Porto de Sines. Será testada a hipótese de uma maior disponibilidade larvar no Cabo de Sines do que no Porto de Sines.

2.4 – Variação intradiária da disponibilidade larvar numa zona abrigada do Porto de Sines

Estudos anteriores (Figueira, 2015) indicam que as larvas *cypris* de percebe são frequentes no interior do Porto de Recreio (Porto de Sines). Assim, devido à maior facilidade de amostragem neste local em comparação com os locais expostos onde o percebe é abundante, serão analisados padrões de variação da abundância de *cypris* em relação ao período do dia (noite/dia). A variação relativa ao período do dia foi evidenciada por algumas espécies marinhas como um período de maior abundância larvar e de assentamento do cirrípede *Chthamalus montagui* (Cruz *et al.*, 2013). Tal como no objetivo anterior, este estudo será realizado utilizando armadilhas de plâncton (“*cypris* trap”).

trap”). Por outro lado, a variação da abundância de *cypris* de percebe à superfície neste mesmo local será feita a várias horas do dia e em diferentes dias, utilizando arrastos neustónicos que têm sido utilizados com sucesso para a amostragem de *cypris* de percebe noutros estudos (Figueira, 2015; Cruz *et al.*, 2013).

2.5 – Variabilidade a pequena escala do recrutamento em locais com acentuada variação de abundância de percebe: efeito da proximidade de conspécíficos

O percebe é mais abundante em locais com elevado hidrodinamismo e a sua abundância pode variar a uma escala espacial grande, como em cabos e zonas abrigadas dos cabos (mais abundante em cabos), e a uma escala espacial pequena, tal como no substrato rochoso virado diretamente à ondulação dominante e no substrato rochoso com orientação oposta (mais abundante em locais virados diretamente à ondulação dominante (Jacinto, 2016; Jacinto & Cruz, 2016). Por outro lado, no que respeita à sua distribuição vertical, o percebe é uma espécie essencialmente intertidal, podendo, no entanto, estender-se para a zona subtidal pouco profunda, nomeadamente em locais com elevado hidrodinamismo (Barnes, 1996)

Estudos anteriores (ver secção 1) evidenciaram:

- disponibilidade larvar de *cypris* de percebe em zonas abrigadas do Porto de Sines onde o percebe é raro;
- recrutamento de percebe com sucesso em conspécíficos transplantados para zonas abrigadas da região de Sines, desde que estes fossem protegidos de macropredadores através duma jaula;
- recrutamento com sucesso em “barticles” colocados em zonas onde o percebe é abundante no Cabo de Sines;
- aparente ausência de recrutamento em “barticles” colocados em placas de PVC em condições subtidais no interior do Porto de Sines.

Posto isto, os objetivos deste estudo estão relacionados com as seguintes questões:

- Será que se transplantarmos percebes para locais mais abrigados e onde o percebe é raro/ausente se irá observar recrutamento em “barticles” colocados a várias distâncias dos conspecíficos, bem como nos próprios conspecíficos?
- Será que a predação tem efeito no recrutamento em “barticles”?
- Será o recrutamento do percebe maior na zona intertidal em comparação ao subtidal pouco profundo?

3. MATERIAL E MÉTODOS

As atividades necessárias à realização deste estudo decorreram entre julho de 2016 e julho de 2017, na zona costeira da cidade de Sines. As amostragens foram realizadas em dois locais com características bastante distintas, o Cabo de Sines (SW Portugal; 37° 57'53"N, 8° 52'56"W) e o interior do Porto de Sines (SW Portugal; 37°56'17.3"N, 8°51'49.0"W) (Figura 5). O Cabo de Sines é, dada exposição direta à ondulação dominante de NW, caracterizado por uma elevada agitação marítima, enquanto o Porto de Sines, estando a sul do Cabo de Sines e tendo os molhes a proteger da ondulação dominante é uma zona sujeita a um menor hidrodinamismo.

Nos vários estudos que compõem o presente trabalho foram amostrados dois locais no Cabo de Sines (Pedras Amarelas e Pedras Negras) (Figura 5), e dois locais no interior do Porto de Sines (Molhe Leste e Porto de Recreio) (Figura 5), tendo nestes dois últimos locais sido amostrada a zona intertidal do Molhe Leste e do molhe do Porto de Recreio e a zona subtidal pouco profunda de duas plataformas flutuantes localizadas em frente aos dois respetivos molhes (Figura 6).



Figura 5 - Mapa da área de estudo. **P.A** – Pedras Amarelas; **P.N** – Pedras Negras; **P.R** – Porto de Recreio; **M.L** – Molhe Leste.



Figura 6 - Plataforma flutuante (Molhe Leste).

3.1 – Recrutamento de percebe no Cabo de Sines utilizando vários índices de recrutamento: comparação entre índices e medições a várias escalas dimensionais e temporais

3.1.1 – Recrutamento em “barticles”

Para a realização deste estudo foram utilizados “barticles” como substrato artificial de forma a medir o recrutamento (larvas *cypris* e juvenis fixos) a diferentes escalas temporais ao longo de um ano de amostragem (julho de 2016 a junho de 2017).

No dia 7 de julho de 2016, durante a baixa-mar, foram, com o auxílio de um berbequim Bosch Profissional de 36V (broca de 7 mm) e de um martelo para cravar as buchas na rocha, colocados “barticles” aleatoriamente numa área exposta das Pedras Amarelas (Cabo de Sines), no nível superior da zona intertidal onde o percebe é abundante. Os “barticles” foram dispostos em seis conjuntos separados (entre 5 a 50 metros) ao longo da zona intertidal, sendo cada conjunto constituído por 35 “barticles” (sete linhas com cinco “barticles” cada, retângulo de 20x15 cm aprox., ver Figura 7). Todos os “barticles” estiveram expostos às condições ambientais deste local durante diferentes períodos de tempo para que se desse a fixação de larvas *cypris* (último estado larvar de *P. pollicipes*) (Figura 8.B). A recolha e substituição dos “barticles”, realizada com o auxílio de um martelo, foi feita a várias escalas temporais correspondentes a uma periodicidade de quinze dias (julho de 2016 a dezembro de 2016), um mês, dois, três, seis e doze meses (julho de 2016 a julho de 2017), e sempre que as condições oceanográficas o permitissem. A cada linha de cinco “barticles” correspondia uma escala temporal

diferente, sendo que existia, em cada conjunto, uma linha extra caso se perdessem os “barticles” das restantes. Após a recolha dos “barticles”, as amostras foram congeladas até à análise laboratorial. O processamento das amostras foi feito com o auxílio de uma lupa binocular LEICA MZ 6.



Figura 7 - A: Conjunto de 35 “barticles” (sete linhas com cinco “barticles” cada, retângulo de 20x15 cm aprox.); B: “Barticles” com recrutas juvenis (recrutamento de 12 meses).

O índice de recrutamento em “barticles” foi estimado através do número de *cypris* e de juvenis que se fixaram num conjunto de cinco “barticles” ($n=6$). Em cada data de amostragem foram retirados trinta “barticles”. Primeiramente foi feita a distinção entre *cypris* (Figura 8.B) e juvenis já metamorfozados seguindo-se a sua contagem.

As diferentes escalas temporais utilizadas no índice de recrutamento em “barticles” (15 dias, 1, 2, 3 e 6 meses) foram comparadas da seguinte forma:

- Recrutamento quinzenal *versus* recrutamento em 1, 2, 3 e 6 meses. Foram obtidas as seguintes situações de comparação/pares de dados:
 - nas seis datas de medição do recrutamento mensal, comparou-se o recrutamento mensal com o somatório das duas medições de recrutamento quinzenal correspondente a cada período mensal;
 - nas três datas de medição do recrutamento em 2 meses, comparou-se o recrutamento em 2 meses com o somatório das quatro medições de recrutamento quinzenal correspondentes a cada período de 2 meses;
 - nas duas datas de medição do recrutamento em 3 meses, comparou-se o recrutamento em 3 meses com o somatório das seis medições de recrutamento quinzenal correspondentes a cada período de 3 meses;

-na data de medição do recrutamento em 6 meses, comparou-se o recrutamento em 6 meses com o somatório das doze medições de recrutamento quinzenal correspondentes ao período de 6 meses.

Estas situações foram comparadas através do teste da binomial (Sokal e Rohlf, 1995), no qual a hipótese nula testada é que o recrutamento medido nas duas formas comparadas é igual ($n=12$).

- Recrutamento mensal *versus* recrutamento em 2, 3 e 6 meses. Foram obtidas as seguintes situações de comparação/pares de dados:

-nas três datas de medição do recrutamento em 2 meses, comparou-se o recrutamento em 2 meses com o somatório das duas medições de recrutamento mensal correspondentes a cada período de 2 meses;

-nas duas datas de medição do recrutamento em 3 meses, comparou-se o recrutamento em 3 meses com o somatório das três medições de recrutamento mensal correspondentes a cada período de 3 meses;

-na data de medição do recrutamento em 6 meses, comparou-se o recrutamento em 6 meses com o somatório das seis medições de recrutamento mensal correspondentes ao período de 6 meses.

Estas situações foram comparadas através do teste da binomial (Sokal e Rohlf, 1995), em que a hipótese nula testada é que o recrutamento medido nas duas formas comparadas é igual ($n=6$).

- Comparações do recrutamento nas escalas temporais de 2, 3 e 6 meses.

No caso destas comparações, foi igualmente utilizado o processo acima descrito, no entanto não foi realizada análise estatística devido ao número reduzido de comparações.

3.1.2 – Recrutamento em conspécíficos

Para a realização deste estudo foram utilizados percebes adultos de forma a medir o recrutamento (larvas *cypris* e juvenis fixos) ao longo de um ano de amostragem (julho de 2016 a junho de 2017).

De 7 de julho a 29 de dezembro de 2016, foram recolhidos cerca de 30 percebes adultos (Figura 8) com RC (distância máxima entre as placas *rostrum-carina*) superior a 15 mm na zona intertidal do Cabo de Sines com uma periodicidade aproximadamente quinzenal, dependendo do estado do mar. Após a recolha dos indivíduos adultos, as amostras foram congeladas até à posterior análise.

Neste estudo utilizaram-se dois índices de recrutamento diferentes com duas escalas dimensionais: o número de *cypris* e juvenis (juvenis com RC <0.6 mm e juvenis com RC <1 mm) fixos a conspécíficos e a percentagem de conspécíficos com *cypris* ou juvenis (juvenis com RC<0.6 mm e juvenis com RC<1 mm) em cada data de amostragem.



Figura 8 - Percebes adultos com recrutas juvenis.

3.1.3 – Comparação entre índices de recrutamento em “barticles” e em conspécíficos

Fizeram-se correlações de Spearman entre o recrutamento em conspécíficos obtido através do número de *cypris* e de juvenis (para juvenis com RC<0.6 mm e para juvenis com RC<1mm) e da percentagem de conspécíficos com *cypris* ou juvenis (para juvenis com RC<0.6 mm e para juvenis com RC<1mm). Utilizou-se, ao invés da correlação linear de Pearson, a de Spearman, uma vez que a verificação gráfica dos pressupostos da

correlação linear de Pearson, usando os procedimentos indicados por Quinn e Keough (2002), não se mostrou satisfatória.

Com o objetivo de estudar a existência de uma relação entre o índice de recrutamento em “barticles” (quinzenal e mensal) e os índices de recrutamento em conspecíficos, (número de recrutas por conspecífico e percentagem de conspecíficos com *cypris* ou juvenis), e utilizando as duas escalas dimensionais de juvenis estudadas ($RC < 0.6$ mm e $RC < 1$ mm), fizeram-se correlações de Spearman entre as diferentes variáveis. Utilizou-se, ao invés da correlação linear de Pearson, a correlação de Spearman, uma vez que a verificação gráfica dos pressupostos da correlação linear de Pearson, usando os procedimentos indicados por Quinn e Keough (2002), não se mostrou satisfatória.

Assim, fizeram-se as seguintes correlações:

- recrutamento quinzenal em “barticles” *versus* número de *cypris* em conspecíficos
- recrutamento quinzenal em “barticles” *versus* número de larvas *cypris* e de juvenis com $RC < 0.6$ mm em conspecíficos;
- recrutamento quinzenal em “barticles” *versus* número de larvas *cypris* e de juvenis com $RC < 1$ mm em conspecíficos;
- recrutamento quinzenal em “barticles” *versus* percentagem de conspecíficos com larvas *cypris*;
- recrutamento quinzenal em “barticles” *versus* percentagem de conspecíficos com *cypris* e/ou juvenis (para juvenis com $RC < 0.6$ mm em conspecíficos);
- recrutamento quinzenal em “barticles” *versus* percentagem de conspecíficos com *cypris* e/ou juvenis (para juvenis com $RC < 1$ mm em conspecíficos);
- recrutamento mensal em “barticles” *versus* número de *cypris* em conspecíficos;
- recrutamento mensal em “barticles” *versus* número de *cypris* e de juvenis com $RC < 1$ mm em conspecíficos;
- recrutamento mensal em “barticles” *versus* percentagem de conspecíficos com larvas *cypris*;
- recrutamento mensal em “barticles” *versus* percentagem de conspecíficos com *cypris* e/ou juvenis (para juvenis com $RC < 1$ mm em conspecíficos).

3.1.4 – Estrutura dimensional dos juvenis fixos em “barticles”

Após a contagem das *cypris* (Figura 9.B) e juvenis, todos os juvenis foram destacados do “barticle” com o objetivo de medir a distância máxima entre as placas *rostrum* e *carina* (RC) (Figura 9.A). Para a medição do RC de cada juvenil, foi utilizada uma lupa Leica M 165FC com uma câmara fotográfica ligada ao computador e o software Leica Application Suite v3.8.

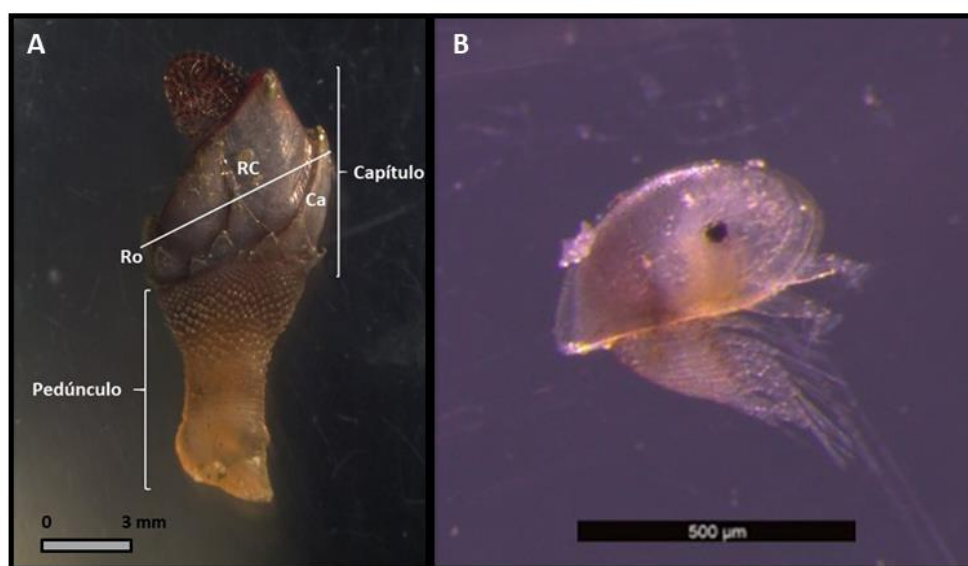


Figura 9 - A: Percebe juvenil (Ca - carina; Ro - rostrum; RC - distância máxima entre rostrum-carina); **B:** Larva cypris de percebe.

Através das medições do RC dos juvenis e sabendo o tempo máximo no qual os “barticles” estiveram na zona intertidal é possível estimar o tamanho dos juvenis com uma idade máxima conhecida (correspondente ao tempo que o “barticle” permaneceu no terreno). Os juvenis que não apresentavam uma destas placas (*rostrum* ou *carina*) ou que se encontravam danificados não foram medidos, não sendo por isso utilizados nas análises estatísticas referentes ao tamanho dos indivíduos.

Neste estudo todos os recrutas fixos nos “barticles” de cada escala temporal do recrutamento (15 dias, 1 mês, 2,3 6 e 12 meses) e de cada data de amostragem foram divididos em cinco classes dimensionais de RC (<0.6;]0.6-1];]1-2];]2-3]; >3 mm). De forma a estudar a variação do tamanho dos juvenis ao longo do período de recrutamento, fizeram-se histogramas com a frequência relativa (%) para cada data de amostragem, excetuando as datas nas quais o número de juvenis era inferior a dez.

3.1.5 – Estrutura dimensional dos juvenis fixos em conspecíficos

Todos os juvenis foram separados em diferentes classes dimensionais, indivíduos com RC inferior a 0,6 mm, indivíduos com RC entre 0,6 e 1 mm e indivíduos com RC superior a 1 mm. Além desta contagem foi feita a medição da distância máxima entre as placas *rostrum* e *carina* (RC) a 30 recrutas juvenis, escolhidos aleatoriamente, fixos a cada indivíduo adulto. Para a medição de RC de cada juvenil, foi utilizada uma lupa Leica M 165FC com uma câmara fotográfica ligada ao computador e software adequado. Os juvenis que não apresentavam uma destas placas (*rostrum* ou *carina*) ou que se encontravam danificados não foram medidos, não sendo por isso utilizados nas análises estatísticas referentes ao tamanho dos indivíduos.

Neste estudo todos os recrutas fixos em conspecíficos de cada data de amostragem foram divididos em cinco classes dimensionais de RC (<0.6;]0.6-1];]1-2];]2-3]; >3 mm). Fizeram-se histogramas com a frequência relativa (%) de cada classe dimensional de RC em cada data de amostragem.

3.2 – Variação temporal do recrutamento no Cabo de Sines e relação com variáveis ambientais

Tendo sido positiva a correlação de Spearman entre o índice de recrutamento quinzenal em “barticles” e o número de recrutas (com RC<0.6mm ou com RC<1mm, ver secção 4.1.5) em conspecíficos, apenas foi utilizado o índice de recrutamento quinzenal em “barticles” no presente estudo. O índice de recrutamento quinzenal de percebe em “barticles” foi comparado com as seguintes variáveis ambientais: temperatura do ar, temperatura da água do mar, humidade do ar, período da ondulação, altura da ondulação, índice de afloramento costeiro, stress do vento nas componentes este-oeste (τ_x) e sul-norte (τ_y). Todas as variáveis ambientais utilizadas para a realização deste estudo foram registadas entre o dia 23 de junho de 2016 e o dia 29 de dezembro de 2016, a fim de poder comparar-se com o recrutamento de *Pollicipes pollicipes* no período principal de recrutamento de julho de 2016 a junho de 2017. Para cada data de recrutamento quinzenal, foi feita a média dos valores diários de cada variável ambiental nesse mesmo período.

Os dados da altura, do período da ondulação, da temperatura do ar, da velocidade do vento e da humidade relativa foram cedidos pela Administração do Porto de Sines tendo sido obtidos através da bóia ondógrafo situada junto à costa de Sines (37°55'16"N; 8°55'44"W) e da estação meteorológica do Porto de Sines.

A temperatura da água do mar foi registada através de um termómetro de registo semi-contínuo (TidBit), com registos a cada 10 minutos. Este termómetro foi colocado num fundo rochoso localizado a cerca de 1 metro abaixo do nível médio da maré vazia no Cabo de Sines (Pedras Amarelas).

O índice de afloramento costeiro (índice de upwelling, UI) foi obtido através dos dados disponíveis na página do Instituto Oceanográfico Espanhol.

O stress do vento, τ_x e τ_y (Gill, 1982), foi calculado a partir das componentes u e v utilizando os dados da velocidade e direção do vento fornecidos pela Administração do Porto de Sines através das seguintes fórmulas:

$$\tau_x = \rho_a \cdot C_d \cdot \sqrt{u^2 + v^2} \cdot u \quad \tau_y = \rho_a \cdot C_d \cdot \sqrt{u^2 + v^2} \cdot v$$

Em que ρ_a representa a densidade do ar ($\rho_a = 1.22$) e C_d representa o coeficiente de arrasto ($C_d = 0.001$), tendo sido considerados valores fixos nas fórmulas atrás referidas.

Foram feitas correlações de Spearman entre o recrutamento médio quinzenal em “barticles” e as variáveis ambientais seguintes: temperatura do ar, temperatura da água do mar, humidade do ar, período da ondulação, altura da ondulação, índice de afloramento costeiro e o stress do vento nas componentes este-oeste (τ_x) e sul-norte (τ_y). Utilizou-se, ao invés da correlação linear de Pearson, a correlação de Spearman, uma vez que a verificação gráfica dos pressupostos da correlação linear de Pearson, usando os procedimentos indicados por Quinn e Keough (2002), não se mostrou satisfatória.

3.3 – Variação temporal da disponibilidade larvar no Cabo de Sines e numa zona abrigada do Porto de Sines

Com o objetivo de comparar a variabilidade temporal da disponibilidade larvar de percebe no Cabo de Sines e numa zona abrigada no interior do Porto de Sines, foram colocadas duas armadilhas de plâncton (“*cypris trap*”) em cada uma das seguintes áreas: zona resguarda das Pedras Amarelas (Cabo de Sines), onde o percebe é pouco abundante; Porto de Recreio (Porto de Sines), onde o percebe é raro ou ausente. No caso do Cabo de Sines, a escolha deste local justifica-se por ser menos agitado que os locais onde o percebe é muito abundante e onde seria mais provável que as armadilhas de plâncton fossem perdidas ou danificadas pela ondulação. Todas as armadilhas foram colocadas a 18 de agosto de 2016 durante a baixa-mar, tendo sido substituídas com uma periodicidade de 4 dias até ao dia 2 de outubro de 2016. Esta periodicidade já tinha sido utilizada em estudos anteriores (Figueira, 2015). A amostragem abrangeu quatro períodos de marés mortas e quatro períodos de marés vivas. Foram colocadas duas armadilhas em cada área.

Estas armadilhas foram construídas com base nas desenvolvidas por Yan *et al.* (2004) e Dudas *et al.* (2009) e utilizadas com sucesso em Cruz *et al.* (2013) e Figueira (2015). As armadilhas utilizadas em Cruz *et al.* (2013) e Figueira (2015) e no presente estudo sofreram alterações comparativamente às originais desenvolvidas por Yan *et al.* (2004) e Dudas *et al.* (2009), nomeadamente a rede metálica que foi acrescentada na parte superior de modo a impedir a colmatação da entrada por parte de algas e/ou lixos de maiores dimensões. Cada armadilha é constituída por duas partes em PVC (Figura 10), permanecendo uma fixa ao substrato e outra sendo removível de modo a ser substituída de uma forma simples e rápida. As “*cypris trap*” são constituídas por uma rede de plâncton com 150 μm de malha a fim de coletar as larvas de percebe e uma bola de ténis de mesa que atua como válvula e impede a saída das mesmas pela parte superior da armadilha. A circulação da água nestas armadilhas é unidirecional, ou seja, a água entra pela parte superior da armadilha passando pela rede com 150 μm de malha, sendo posteriormente escoada pelas aberturas laterais. As redes de plâncton utilizadas foram embebidas em formol a 4% antes da substituição/colocação da armadilha.

Após a recolha das armadilhas, as redes de plâncton foram lavadas com água do mar filtrada com um crivo (malha de 150 μm) e guardadas num frasco com formol a 4% de modo a preservar as amostras até ao processamento. Durante o processamento das mesmas utilizou-se um crivo (malha de 150 μm) para proceder à sua lavagem, eliminando assim o formol adicionado. Cada amostra foi colocada numa caixa de *petri* e processada individualmente com o auxílio de uma lupa LEICA MZ 6 onde foram separadas e contadas todas as *cypris* de percebe e de outros cirrípedes (Cruz *et al.*, 2009). A variável resposta deste estudo foi o número de *cypris* de percebe presente em cada armadilha.

O número médio de *cypris* por armadilha colocadas no Cabo de Sines e no Porto de Recreio do Porto de Sines foi comparado nas diferentes datas nas quais foram amostradas *cypris* de percebe ($n=8$) através do teste da binomial (Sokal & Rohlf, 1995), no qual a hipótese nula testada é que o recrutamento medido em cada um dos locais é igual.

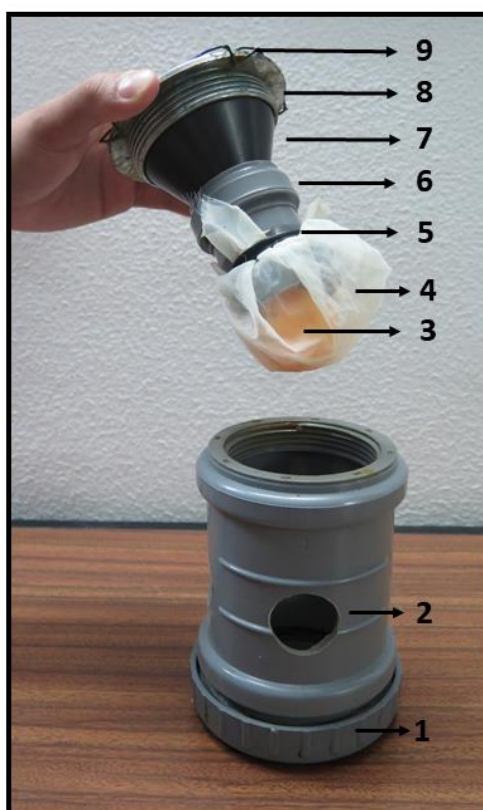


Figura 10 - Armadilha de plâncton ("cypris trap"). 1: Tampa de visita; 2: União; 3: Bola de tênis de mesa; 4: Rede de plâncton; 5: Elástico; 6: Redução; 7: Funil; 8: Sifão; 9: Rede metálica.

3.4 – Variação intradiária da disponibilidade larvar numa zona abrigada do Porto de Sines

Para estudar a variação intradiária da disponibilidade larvar de percebe foram utilizados dois métodos: armadilhas de plâncton ("*cypris trap*") iguais às anteriormente descritas e arrastos de nêuston. Ambos os métodos foram aplicados no Porto de Recreio (Porto de Sines).

As armadilhas foram fixadas ao substrato rochoso na zona intertidal do Porto de Recreio (Porto de Sines), junto à plataforma de abastecimento de combustível. Todas as armadilhas foram colocadas durante a baixa-mar do dia 18 de agosto de 2016, tendo sido substituídas a diferentes horas do dia até ao dia 2 de outubro de 2016. A amostragem abrangeu quatro períodos de marés mortas e quatro períodos de marés vivas. Foi considerado um fator "período do dia" com dois tratamentos: dia e noite. No tratamento "dia", as armadilhas foram colocadas às 7h30 e retiradas às 19h30, enquanto no tratamento "noite", as armadilhas foram colocadas às 19h30 e retiradas às 7h30 do dia seguinte.

O método das colheitas de plâncton por arrastos neustónicos foi realizado na plataforma de abastecimento de combustível no Porto de Recreio (Porto de Sines) tendo começado às 0h do dia 24 de setembro de 2016 até às 22h do dia 1 de outubro do mesmo ano. Os arrastos neustónicos foram feitos a diferentes horas do dia de modo a amostrar tanto o dia como uma parte da noite. Foi realizado um arrasto neustónico às 0h, 10h, 13h, 18h e 22h de cada dia do período anteriormente referido. Utilizou-se uma rede cilindro-cónica com um diâmetro de 0.41 m, uma malha de 150 μm e um copo de recolha de PVC com abertura lateral de rede com a mesma malha. Os arrastos foram feitos à superfície da água a uma velocidade aproximadamente constante, enquanto o investigador caminhava a passo lento, ao longo de 20 m. Após o arrasto, todo o material foi lavado com água do mar filtrada num crivo com uma malha de 150 μm (Figura 11). Por fim a amostra foi colocada num frasco identificado onde se adicionou formol a 4% para que fosse preservada até ao processamento da mesma.



Figura 11 - A e B: procedimento de filtragem da amostra de plâncton; **C:** Material para arrastos neustônicos.

Antes do processamento laboratorial de cada amostra utilizou-se um crivo (malha de 150 μm) durante a lavagem da amostra de forma a eliminar o formol adicionado. Todas as amostras foram processadas individualmente numa lupa binocular onde foram separadas e contadas todas as *cypris* de percebe e de outros cirrípedes (Cruz *et al.*, 2009). As variáveis resposta deste estudo foram o número de *cypris* de percebe presente em cada armadilha e o número de larvas *cypris* por m^3 em cada arrasto de plâncton. Neste último caso a densidade de *cypris* de percebe foi calculada transformando os dados obtidos nos arrastos de plâncton através do cálculo do volume de água do mar filtrada em cada arrasto tendo em conta a extensão horizontal (m) percorrida e metade da área da abertura da rede $[(\pi r^2)/2]$ (em que r representa o raio da abertura da rede) . Este cálculo foi feito a partir da seguinte fórmula:

$$\text{N}^\circ \text{ de larvas } cypris \text{ m}^{-3} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de larvas } cypris}{\text{extensão horizontal} \times \left(\frac{\pi \times r^2}{2}\right)}$$

A média do número de *cypris* por armadilha, colocadas no período de dia e no período de noite no Porto de Recreio (Porto de Sines), foi comparada nas diferentes datas em que foram amostradas *cypris* de percebe (n=11) através do teste da binomial (Sokal &

Rohlf, 1995), no qual a hipótese nula testada é que o recrutamento medido em cada um dos períodos é igual.

A densidade de *cypris* de percebe amostrada a várias horas do dia por arrastos neustónicos realizados num período de oito dias consecutivos foi comparada da seguinte forma:

- densidade de *cypris* de percebe amostradas às 0h *versus* densidade máxima de percebes amostrada a outras horas;
- densidade de *cypris* de percebe amostradas às 10h *versus* densidade máxima de percebes amostrada a outras horas;
- densidade de *cypris* de percebe amostradas às 13h *versus* densidade máxima de percebes amostrada a outras horas;
- densidade de *cypris* de percebe amostradas às 18h *versus* densidade máxima de percebes amostrada a outras horas;
- densidade de *cypris* de percebe amostradas às 22h *versus* densidade máxima de percebes amostrada a outras horas.

Todas estas comparações foram realizadas através do teste da binomial (Sokal & Rohlf, 1995), no qual a hipótese nula testada é que a disponibilidade de *cypris* a uma determinada hora é igual à disponibilidade de *cypris* máxima amostrada a uma das outras horas.

3.5 – Variabilidade a pequena escala do recrutamento em locais com acentuada variação de abundância de percebe: efeito da proximidade de conspecíficos

Neste estudo foi avaliado o recrutamento de percebes em “barticles” a diferentes distâncias (5 e 20 cm) de um grupo de conspecíficos e em indivíduos adultos de *Pollicipes pollicipes*. Dependendo do estudo que se fez, tanto os “barticles” como os percebes adultos foram submetidos a diferentes condições hidrodinâmicas (locais/áreas expostos e abrigados) e de submersão (intertidal e subtidal). A predação também foi testada, tendo sido utilizada uma jaula de rede de forma a proteger grupos de conspecíficos e os “barticles” de macropredadores. As jaulas de rede são constituídas por duas abraçadeiras de inox com um diâmetro aproximadamente de 13,2 cm e por uma rede metálica

revestida a plástico com uma malha de cerca de 1,5 cm. Foram utilizados dois tipos de jaulas (Figura 12), sendo que as de menores dimensões possuem cerca de 12,9 x 13,25 x 6,5 cm e as jaulas de maiores dimensões possuem cerca de 34 x 13,25 x 6,5 (comprimento x largura x altura máxima). Todas as jaulas foram fixas à rocha com a ajuda de uma aparafusadora Bosch Profissional 14.4 volts.

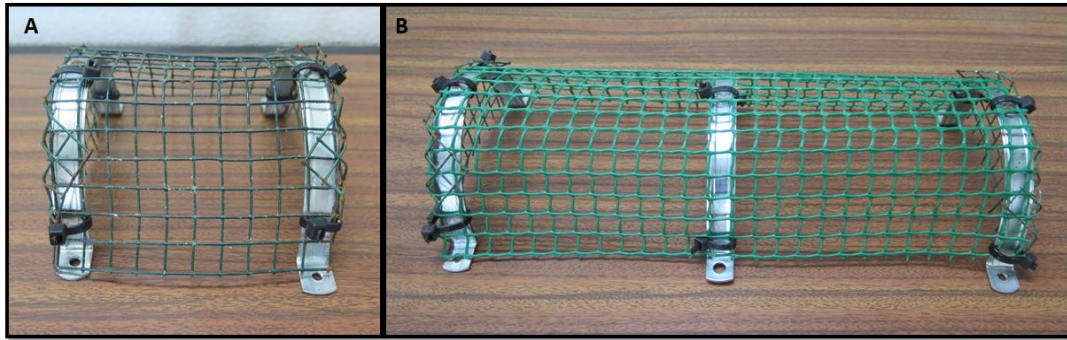


Figura 12 - A: jaula de rede de menores dimensões; **B:** jaula de rede de maiores dimensões.

Colheita e marcação de transplantes de percebe

No dia 31 de agosto de 2016, com a ajuda de um martelo e de um escopro, foram coletados aleatoriamente pedaços de rocha com percebes agarrados (daqui em diante designados como transplantes) para serem transplantados para diferentes locais (Cabo de Sines e Porto de Sines) de forma a estudar o recrutamento a pequena escala utilizando “barticles” e os próprios percebes adultos como substrato.

Com vista a identificar o recrutamento nos conspécíficos anteriormente (juvenis marcados) e posteriormente (juvenis não marcados) à data de transplante, os transplantes foram marcados com calceína. No laboratório, os transplantes estiveram imersos numa solução de calceína (200 mg/L) com água do mar filtrada e pedras difusoras para manter o arejamento contínuo durante cerca de 20 horas. Durante o período de marcação com calceína os percebes não foram alimentados. A solução de calceína foi feita a partir de 6,25 g/L de calceína em água destilada e sujeita a uma solução tampão até atingir pH 6, com a adição de bicarbonato de sódio para aumentar a solubilidade (Jacinto *et al.*, 2015). Em todas as partes deste estudo referidas a seguir, o recrutamento foi medido através do número de *cypri*s e de juvenis (recrutas) fixos tanto nos “barticles”

como nos indivíduos adultos, tendo sido utilizada uma lupa LEICA MZ 6 para efetuar as contagens.

3.5.1 – Recrutamento de percebe em “barticles” próximos de conspecíficos no seu habitat natural e de conspecíficos transplantados.

Este estudo foi realizado na zona intertidal exposta à ondulação no Cabo de Sines de forma a comparar o recrutamento de percebes em “barticles” colocados na proximidade (a diferentes distâncias) de conspecíficos não manuseados e de conspecíficos transplantados. O estudo decorreu em duas áreas expostas do Cabo de Sines designadas de Pedras Amarelas e Pedras Negras (Figura 5).

Para a realização deste estudo foram utilizados grupos de percebe natural (não transplantados) (n=8) e transplantes de rocha com percebes agarrados (n=8). Os transplantes foram colados ao substrato utilizando *Z-Spar Splash Zone Epoxy* (Kop-Coat Inc., Pittsburgh, PA). Junto de cada grupo de percebe (naturais e transplantes) foram colocadas duas filas com quatro “barticles” a 5 e a 20 cm de distância (Figura 13). O fator predação foi também testado neste estudo. Dos oito conjuntos de percebes naturais, os “barticles” e os quatro conjuntos de percebe foram protegidos com uma jaula de rede de maiores dimensões de forma a proteger os percebes contra macropredadores, sendo que nos outros quatro conjuntos apenas os “barticles” não foram protegidos por uma jaula de rede. O mesmo aconteceu com os transplantes de percebe (n=4) e os “barticles” associados (Figuras 13.C e 13.D). A experiência foi montada no dia 1 de agosto de 2016 e teve a duração de cerca de 2 meses.

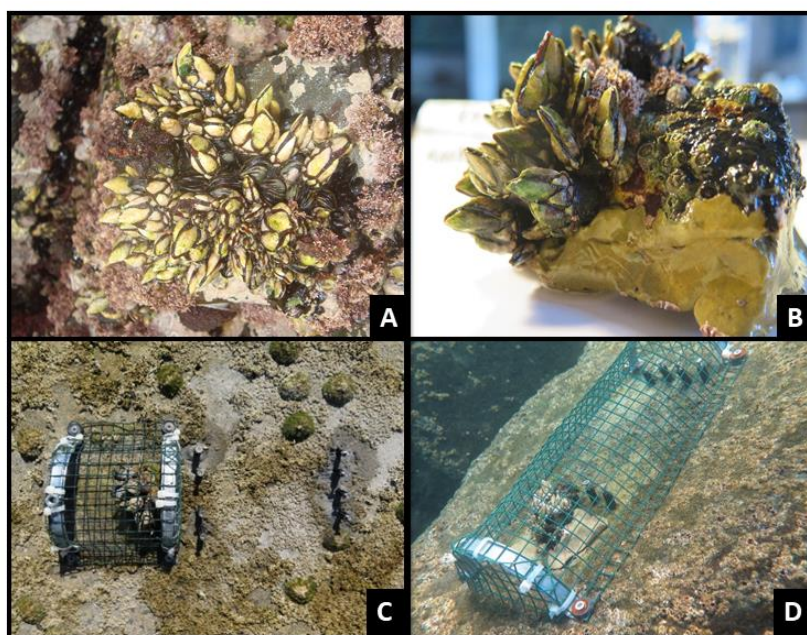


Figura 13 - **A:** mancha de percebe; **B:** pedaço de rocha com percebes (transplante com cola Z-Spar Splash Zone Epoxy); **C:** transplante de percebe protegido com jaula de rede de menores dimensões; **D:** transplante de percebe e “barticles” protegidos por uma jaula de rede.

O número de recrutas (*cypris* e juvenis) fixos nos “barticles” próximos de dois conjuntos diferentes de conspecíficos (conspecíficos no seu habitat natural e conspecíficos transplantados) foram analisados através de uma análise de variância (ANOVA), segundo Underwood (1997), ao fator área (fixo e ortogonal) com dois níveis (Pedras Amarelas e Pedras Negras), ao fator conspecíficos (fixo e ortogonal) com dois níveis (naturais e transplantes), ao fator predação (fixo e ortogonal) com dois níveis (com predação e sem predação) e ao fator distância (fixo e ortogonal) com dois níveis (5 e 20 cm) utilizando o programa GMAV *for* Windows (Institute of Marine Ecology, University of Sydney). O pressuposto da homogeneidade das variâncias foi verificado pelo teste de Cochran (Winer *et al.*, 1991 in Underwood, 1997. Além disso, foram realizados testes de comparação múltipla de médias de *Student-Newman-Keuls* (SNK) sempre que apropriado, com base em Underwood (1997). Em todos os tratamentos a amostragem teve o mesmo tamanho (n=4).

3.5.2 – Recrutamento de percebe em zonas com diferentes abundâncias de percebe/condições de hidrodinamismo

Através da utilização de transplantes de rocha com percebes agarrados e de “barticles” o recrutamento foi estudado em diferentes locais tendo em conta diferentes abundâncias de percebe que também correspondem a diferentes condições de hidrodinamismo (áreas expostas e áreas abrigadas). Adicionalmente foram também testados os fatores predação e distância a conspecíficos, tendo sido, os transplantes e os “barticles”, colocados em diferentes áreas no Cabo de Sines e no Porto de Sines. No Cabo de Sines a experiência foi montada na zona exposta (percebe abundante) e na zona abrigada (percebe raro ou ausente) das Pedras Amarelas e das Pedras Negras. No Porto de Sines, os transplantes e os “barticles” foram colocados na zona intertidal rochosa do Porto de Recreio e no lado interno do Molhe Leste. Em ambas as áreas do Porto de Sines, o percebe é raro ou ausente.

3.5.2.1 – Recrutamento em “barticles”

De forma a compreender a variação do recrutamento a uma escala espacial de proximidade relacionada com a abundância de percebe foram colocadas duas filas de “barticles” a diferentes distâncias (5 e 20 cm) de um transplante de rocha com percebes agarrados. Estes transplantes foram colocados na zona intertidal das áreas anteriormente referidas do Cabo de Sines e do Porto de Sines. O fator predação também foi testado nesta experiência, de modo que os transplantes e os “barticles” foram colocados nas áreas acima referidas e submetidos a diferentes condições de predação (com e sem predação), tendo estado protegidos por uma jaula de rede de maiores dimensões.

Neste estudo não foram feitas análises aos dados devido à inexistência de recrutamento em barticles nas áreas mais abrigadas/com percebe raro ou ausente do Cabo de Sines. Assim e tendo em conta que apenas foi observado recrutamento em “barticles” nas áreas expostas do Cabo de Sines, estes resultados são os mesmos relativos à secção anterior.

3.5.2.2 - Recrutamento em conspecíficos

Neste estudo foi feita a medição do recrutamento nos indivíduos adultos nos quais consistiam os transplantes. Os percebes foram submetidos a uma solução de calceína de forma a marcar as placas calcárias (Figura 14) dos juvenis fixos para que fosse possível identificar os novos recrutas que se fixaram posteriormente à colagem do transplante ao substrato rochoso.

Para a realização deste estudo foram escolhidos aleatoriamente quatro percebes adultos (RC entre 9.6 e 23.28 mm) de cada transplante. Os percebes foram imersos numa solução de lixívia comercial (Hipoclorito de Sódio 3,5%) durante 2 minutos (aprox.) para destruir tecidos de outros organismos e facilitar a exposição da marca de calceína quando vista à luz epifluorescente. Foi feita a distinção entre *cypris*, juvenis marcados e juvenis não marcados com calceína, sendo que as *cypris* e os juvenis não marcados foram contabilizados como os novos recrutas depois de cada transplante ter sido colado nas diferentes áreas anteriormente descritas. Desta forma foi possível comparar o recrutamento nos percebes dos transplantes expostos às condições de cada área. Todos os transplantes estiveram protegidos pelas jaulas de rede anteriormente descritas.

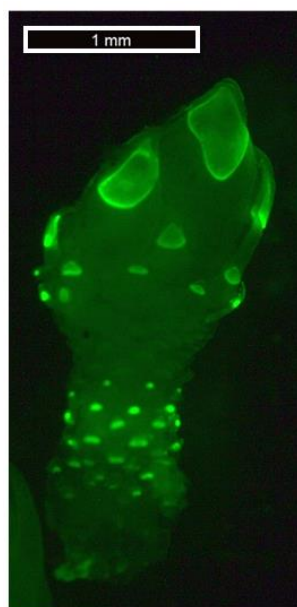


Figura 14 - Percebe juvenil marcado com calceína visto à luz epifluorescente.

O número de juvenis marcados, de *cypris* e de juvenis não marcados pela calceína e fixos em conspecíficos foi analisado através de uma análise de variância (ANOVA), segundo Underwood (1997), a cada uma destas variáveis, ao fator local (fixo e ortogonal) com três níveis (Pedras Amarelas, Pedras Negras e Porto de Sines) e ao fator hidrodinamismo/presença de percebes (fixo e ortogonal) com dois níveis (+H, mais hidrodinamismo/mais percebes e -H, menos hidrodinamismo/percebes raros ou ausentes) a partir do programa GMAV *for* Windows (Institute of Marine Ecology, University of Sydney). O pressuposto da homogeneidade das variâncias foi verificado pelo teste de Cochran (Underwood, 1997) e os dados transformados quando necessário.

Além disso, foram realizados testes de comparação múltipla de médias de *Student-Newman-Keuls* (SNK) sempre que apropriado, com base em Underwood (1997). O tamanho da amostragem foi de $n=8$.

3.5.3 – Recrutamento de percebe em diferentes condições de imersão: intertidal e subtidal

Através da utilização de transplantes de rocha com percebes agarrados e de “barticles” o recrutamento de *P. Pollicipes* foi estudado tendo em conta diferentes tipos de substrato (rocha e PVC), condições de imersão (intertidal e subtidal) e predação. Os transplantes e os “barticles” foram colocados em diferentes áreas do Porto de Sines, zona intertidal rochosa do Porto de Recreio e do lado interno do molhe leste do Porto de Sines e zona subtidal numa plataforma flutuante do Porto de Recreio e numa plataforma flutuante junto ao lado interno do molhe leste do Porto de Sines.

3.5.3.1 - Recrutamento em “barticles” colocados em diferentes substratos no intertidal (rocha e PVC)

De forma a avaliar o recrutamento de percebe em “barticles” colocados em substratos diferentes foram dispostos aleatoriamente no terreno, quatro conjuntos de quatro “barticles” em substrato rochoso e em placas de PVC (Figura 15). Os conjuntos de “barticles” foram colocados na zona intertidal do Cabo de Sines (Pedras Amarelas e

Pedras Negras) tanto em locais expostos como abrigados da ondulação e do Porto de Sines (Porto de Recreio e Molhe Leste).

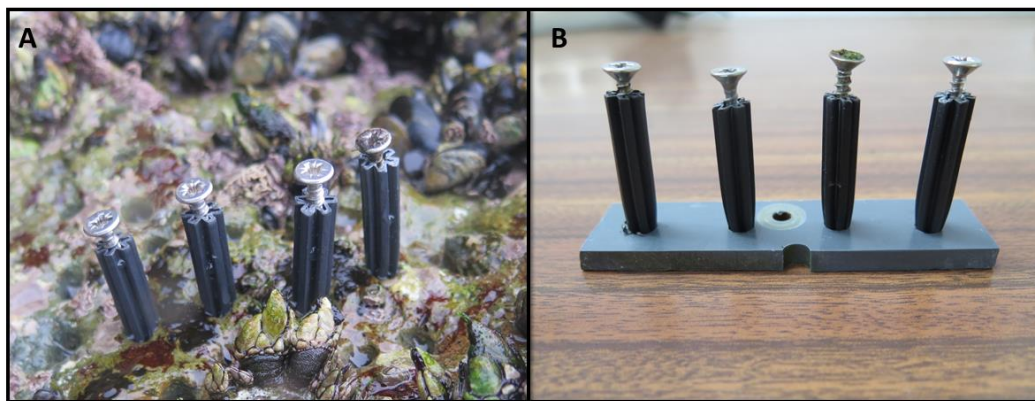


Figura 15 - A: Conjunto de quatro “barticles” em rocha; B: conjunto de 4 “barticles” em PVC para medição do recrutamento na zona intertidal.

O número de recrutas (*cypris* e juvenis) fixos nos “barticles” em diferentes substratos foi analisado através de uma análise de variância (ANOVA), segundo Underwood (1997), ao fator substrato (fixo e ortogonal) com dois níveis (rocha e PVC), ao fator local (fixo e ortogonal) com dois níveis (Pedras Amarelas e Pedras negras) e ao fator hidrodinamismo/presença de percebes (fixo e ortogonal) com dois níveis (+H, mais hidrodinamismo/mais percebes e -H, menos hidrodinamismo/percebes raros ou ausentes) a partir do programa GMAV for Windows (Institute of Marine Ecology, University of Sydney). O pressuposto da homogeneidade das variâncias foi verificado pelo teste de Cochran (Winer *et al.*, 1991 in Underwood, 1997), e os dados transformados quando necessário. Além disso, foram realizados testes de comparação múltipla de médias de *Student-Newman-Keuls* (SNK) sempre que apropriado, com base em Underwood (1997). O tamanho da amostragem foi de $n=4$

3.5.3.2 - Recrutamento em “barticles” na zona subtidal pouco profunda

Com o objetivo de estudar o recrutamento de percebe na zona subtidal pouco profunda foram colocados “barticles” em pedaços de rocha e em placas de PVC em suspensão no subtidal (Figura 16). Os “barticles” foram colocados na plataforma flutuante junto ao molhe leste do Porto de Sines.

Não se obtiveram valores de recrutamento em “barticles” na zona subtidal pouco profunda, não tendo sido feita qualquer análise ao conjunto de dados obtidos.

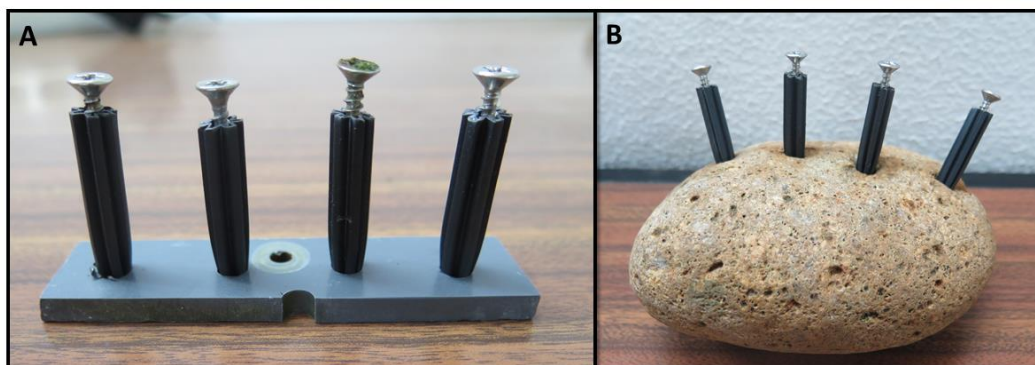


Figura 16 - Conjunto “barticles” cravados em PVC e num pedaço de rocha para medição do recrutamento na zona subtidal.

3.5.3.3 - Recrutamento em “barticles” em condições diferentes de imersão (intertidal e subtidal) utilizando o PVC como substrato: diferentes distâncias a um conjunto de conspecíficos.

De forma a estudar o recrutamento em função da distância a um grupo de conspecíficos na zona intertidal e na zona subtidal pouco profunda no Porto de Sines (Porto de Recreio e Molhe Leste) foram colados transplantes de rocha com percebes agarrados com *Z-Spar Splash Zone Epoxy* (Kop-Coat Inc., Pittsburgh, PA) em placas de PVC juntamente com “barticles” cravados na mesma placa de PVC a diferentes distâncias (5 e 20 cm) dos conspecíficos (Figura 17).

Não se obtiveram valores de recrutamento em “barticles” na zona intertidal e subtidal pouco profunda, não tendo sido feita qualquer análise ao conjunto de dados obtidos.

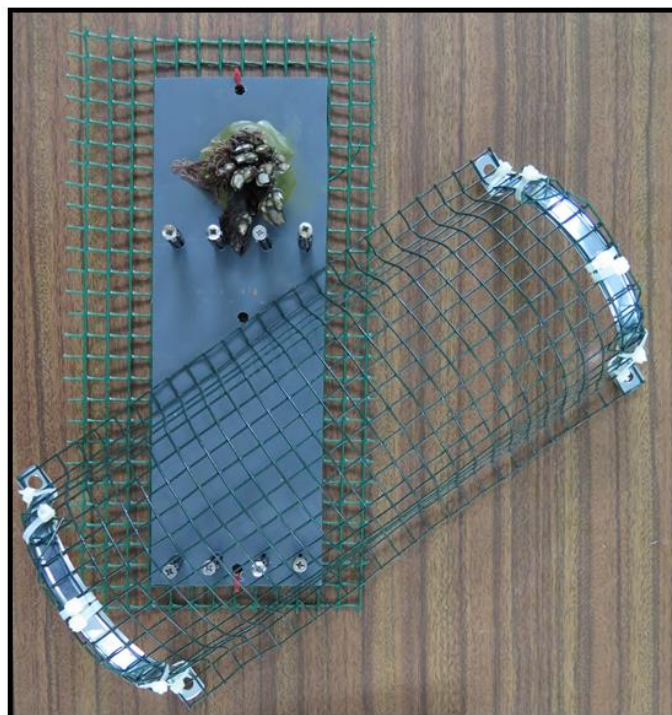


Figura 17 - Jaula de rede e placa de PVC (cloreto de polivinilo) utilizadas para medir o recrutamento em “barticles” e conspecíficos na zona intertidal e subtidal do Porto de Sines. Conjuntos de “barticles” a distâncias diferentes do transplante de percebes (5 e 20 cm).

3.5.3.4 - Recrutamento de percebe em conspecíficos em diferentes condições de imersão (intertidal e subtidal)

Neste estudo foi feita a medição do recrutamento em indivíduos adultos fixos a cada pedaço de rocha transplantado em diferentes condições de imersão. Este estudo foi realizado apenas no interior do Porto de Sines (Porto de Recreio e Molhe Leste) na zona intertidal e subtidal pouco profunda. Tal como foi anteriormente descrito, os percebes foram submetidos a uma solução de calceína de forma a marcar as placas calcárias dos juvenis fixos para que fosse possível identificar os novos recrutas que se fixaram posteriormente à colagem do transplante às placas de PVC.

Primeiramente, foram escolhidos aleatoriamente quatro percebes adultos aos quais se mediu a distância máxima *rostrum-carina* (RC). Seguidamente a esta medição, os

percebes foram imersos numa solução de lixívia comercial (Hipoclorito de Sódio 3,5%) durante 2 minutos (aprox.) para facilitar a exposição da marca de calceína quando vista à luz epifluorescente. Foi feita a distinção entre *cypris*, juvenis marcados e juvenis não marcados com calceína, sendo que as *cypris* e os juvenis não marcados foram contabilizados como os novos recrutas depois de cada transplante ser colado nas diferentes áreas anteriormente descritas. Desta forma foi possível comparar o recrutamento nos percebes dos transplantes expostos às diferentes condições de imersão. Todos os transplantes estiveram protegidos pelas jaulas de rede anteriormente descritas.

O número de juvenis marcados, de *cypris* e juvenis não marcados pela calceína fixos em conspecíficos foram analisados através de uma análise de variância (ANOVA, segundo Underwood (1997), ao fator nível vertical (fixo e ortogonal) com dois níveis (intertidal e subtidal) e ao fator área (fixo e ortogonal) com dois níveis (Porto de Recreio e Molhe Leste) a partir do programa GMAV *for* Windows (Institute of Marine Ecology, University of Sydney). O pressuposto da homogeneidade das variâncias foi verificado pelo teste de Cochran (Winer *et al.*, 1991 in Underwood, 1997). Além disso, foram realizados testes de comparação múltipla de médias de *Student-Newman-Keuls* (SNK) sempre que apropriado, com base em Underwood (1997). O tamanho da amostragem foi de n=8.

4. RESULTADOS

4.1 – Recrutamento de percebe no Cabo de Sines utilizando vários índices de recrutamento: comparação entre índices e medições a várias escalas dimensionais e temporais

4.1.1 – Recrutamento em “barticles”

Através da utilização dos “barticles” foi possível medir o recrutamento de percebe durante um período de tempo definido (julho de 2016 a julho de 2017), sendo que o recrutamento obtido corresponde ao período de tempo no qual os “barticles” estiveram dispostos na zona intertidal. A colocação e a troca dos “barticles” no terreno em diferentes datas permitiu obter a variação do recrutamento a diferentes escalas temporais representados nas Figuras 18, 19 e 20 (15 dias, 1 mês, 2, 3, 6 e 12 meses). No gráfico da Figura 18 apresentou-se apenas o recrutamento até 29 de dezembro de 2016 por ser a época principal de recrutamento do percebe e pela medição do recrutamento quinzenal em “barticles” ter sido feita até esta data. As restantes séries temporais continuaram até junho de 2017.

De uma forma geral, o recrutamento foi mais elevado entre o final de julho e o final de outubro de 2016. Durante esse período o recrutamento médio quinzenal foi de 6.29 (em média 36% de *cypris* e 64% de *juvenis*), o recrutamento médio mensal foi de 32.86 (em média 14% de *cypris* e 86% de *juvenis*), o recrutamento médio em dois meses foi de 82.75 (em média 4% de *cypris* e 96% de *juvenis*) e o recrutamento médio em três meses foi de 188.67 (em média 1% de *cypris* e 99% de *juvenis*).

Analisando os gráficos pode observar-se que se obtiveram valores mais elevados de recrutamento na data de amostragem de 2 de setembro no recrutamento quinzenal, mensal e de dois meses. Estes valores de recrutamento poderão indicar um elevado recrutamento durante a segunda quinzena de agosto que se refletiu no recrutamento de todas as escalas temporais que foram medidas a 2 de setembro. Este padrão poderá estar a indicar o mesmo no recrutamento em 3 meses medido a 30 de setembro. Entre o final de outubro e o final de dezembro de 2016, o recrutamento em “barticles” foi muito reduzido (inferior a 0.8 no recrutamento quinzenal; inferior a 18.16 no recrutamento mensal; igual a 4 no recrutamento em 2 meses e 5.5 no recrutamento em três meses).

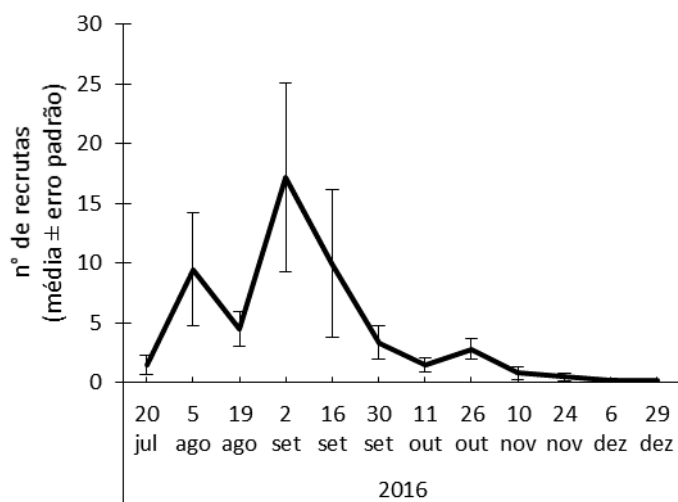


Figura 18 - Recrutamento quinzenal médio de *Pollicipes pollicipes* entre 20 de julho e 29 de dezembro de 2016 (n=6).

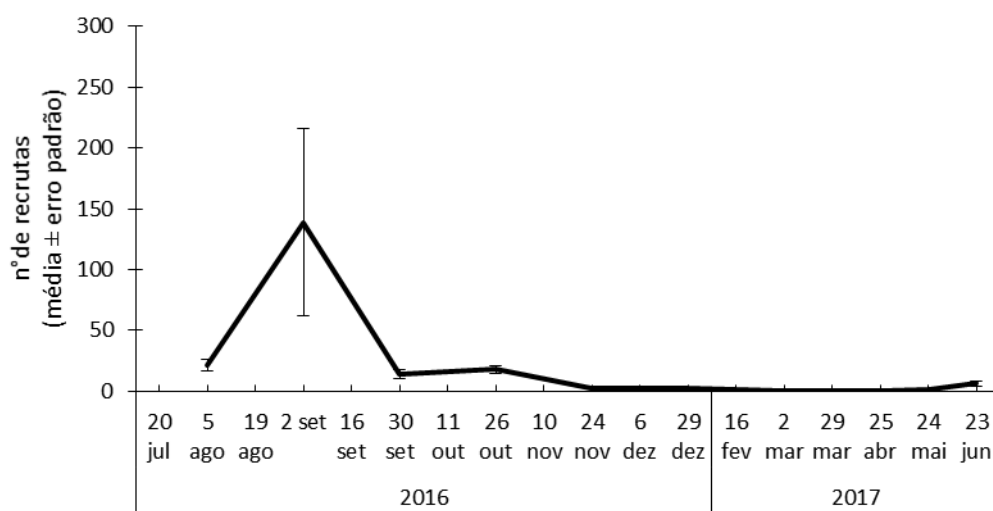


Figura 19 - Recrutamento mensal médio de *Pollicipes pollicipes* em "barticles" entre 20 de julho de 2016 e 23 de junho de 2017 (n=6).

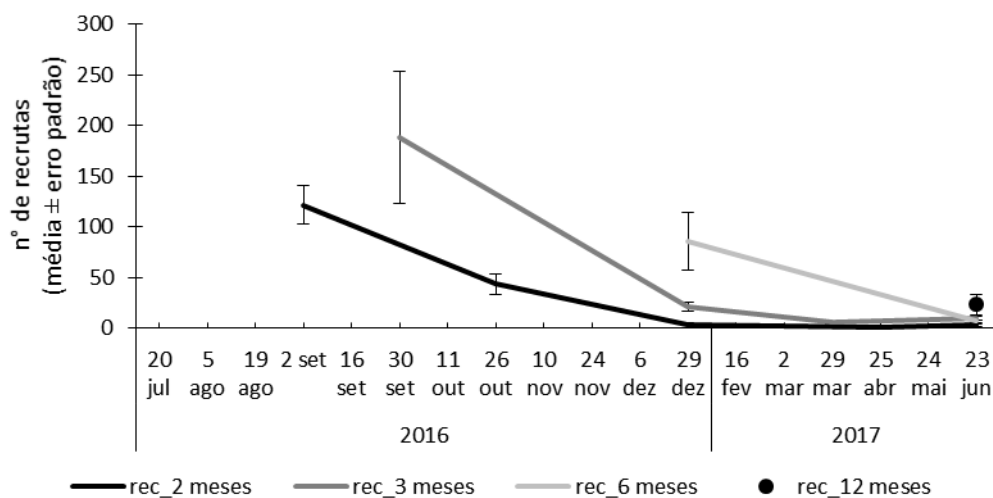


Figura 20 - Recrutamento médio de *Pollicipes pollicipes* em "barticles" a diferentes escalas temporais entre 20 de julho de 2016 e 23 de junho de 2017 (2, 3, 6 e 12 meses, n=6).

Através das comparações entre o recrutamento medido a diferentes escalas temporais (Figura 21) é possível observar que o somatório do recrutamento das datas de recrutamento quinzenal foi sempre inferior ao respetivo recrutamento medido nas escalas temporais superiores (1 mês, 2, 3 e 6 meses), tendo esta diferença sido significativa ($P < 0.05$) através do teste binomial.

Pelo contrário, o somatório do recrutamento das datas de recrutamento mensal e o respetivo recrutamento medido a escalas temporais maiores (2 e 3 meses) (Figura 20) não apresentaram diferenças significativas (teste binomial, $P > 0.05$) no número de recrutas nos “barticles”. No caso do recrutamento de 6 meses (Figura 20), apesar de não ter sido feito nenhum teste estatístico, verificou-se que o recrutamento de 6 meses foi sempre inferior ao respetivo somatório mensal, de 2 meses e de 3 meses.

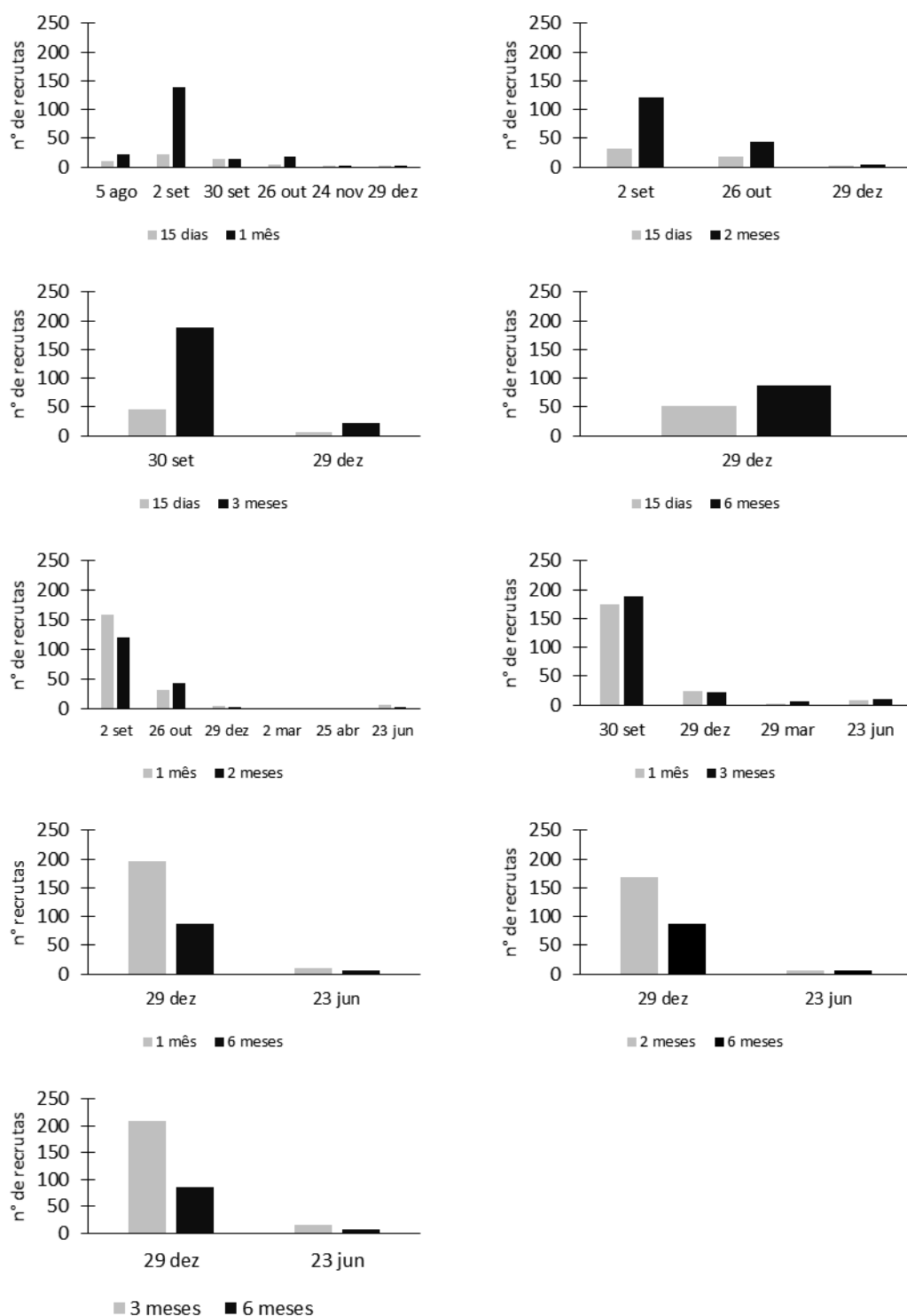


Figura 21 - Recrutamento médio de *Pollicipes pollicipes* em "barticles" (n=6). Comparação entre: o somatório das medições de recrutamento quinzenal e o respectivo recrutamento mensal, de 2 meses, de 3 meses e de 6 meses (quatro gráficos de cima); o somatório das medições de recrutamento mensal e o respectivo recrutamento de 2 meses e de 3 meses (dois gráficos do meio); o recrutamento de 6 meses e os respectivos somatórios de recrutamento mensal, de 2 meses e de 3 meses (três gráficos de baixo).

4.1.2 – Recrutamento em conspecíficos

Através da medição do recrutamento em conspecíficos ($n=30$) foi possível desenvolver dois índices de recrutamento diferentes (Figuras 22, 23 e 24).

Os índices de recrutamento foram obtidos a partir do número de recrutas e da percentagem de conspecíficos com recrutas. Ambos os índices estão divididos em três classes dimensionais/estado de desenvolvimento. O índice desenvolvido a partir do número de recrutas foi obtido através do número de *cypris*, do número de *cypris* ou juvenis com RC inferior a 0.6 mm e do número de *cypris* ou juvenis com RC inferior a 1 mm. O índice de recrutamento desenvolvido a partir da percentagem de conspecíficos com recrutas está dividido da mesma forma que o anterior.

O recrutamento quinzenal estimado através do número médio de *cypris* (Figura 22) em conspecíficos teve a duração de cerca de quatro meses em 2016 (de julho até ao início de novembro). De dezembro de 2016 a maio de 2017 os valores de recrutamento foram nulos, sendo que neste ano (2017) o recrutamento teve início no mês de junho.

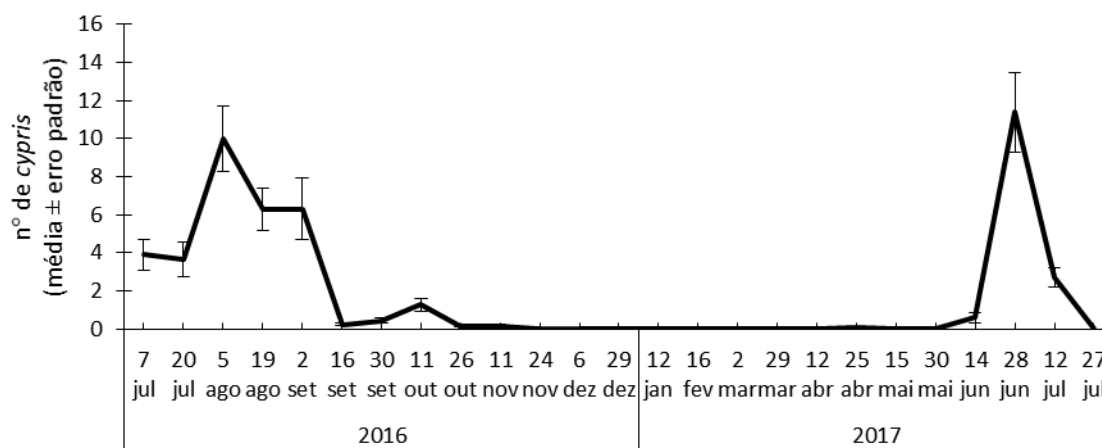


Figura 22 - N° médio de *cypris* em conspecíficos entre 7 de julho de 2016 e 27 de julho de 2017 ($n=30$).

O recrutamento quinzenal estimado através do número médio de *cypris* e juvenis (RC<0.6 mm) fixos em conspecíficos teve início em julho de 2016 e estendeu-se até dezembro de 2016 (Figura 23). O recrutamento quinzenal estimado através do número médio de *cypris* e juvenis (RC<1 mm) fixos em conspecíficos iniciou-se em julho de 2016 e durou até dezembro do mesmo ano. Em 2017 o recrutamento (*cypris* e juvenis com RC<1 mm) teve início no mês de junho em 2017.

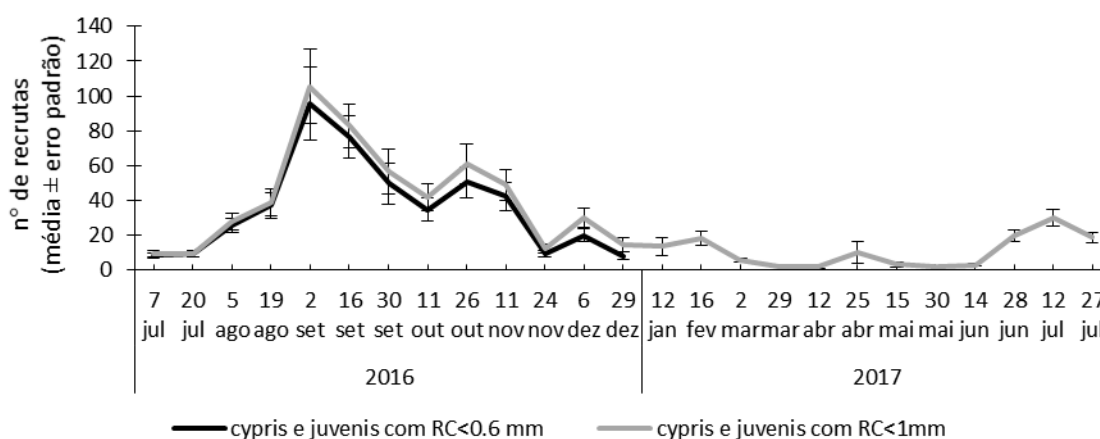


Figura 23 - N° médio de *cypris* e de juvenis fixos em conspecíficos entre 7 de julho de 2016 e 27 de julho de 2017 (n=30; juvenis com RC<0.6 mm e RC<1 mm).

O recrutamento quinzenal estimado através da percentagem de conspecíficos com *cypris* (Figura 24) teve a duração de cerca de quatro meses em 2016 (julho a novembro). De dezembro de 2016 a abril de 2017 os valores de recrutamento foram nulos, sendo que neste ano (2017) o recrutamento teve início no mês de maio.

O recrutamento quinzenal estimado através da percentagem de conspecíficos com *cypris* (Figura 24) ou com juvenis (RC<0.6 mm) teve início em julho de 2016 e manteve valores elevados (>75%) até dezembro do mesmo ano.

O recrutamento quinzenal estimado através da percentagem de conspecíficos com *cypris* ou com juvenis (RC<1 mm) teve início em julho de 2016 mantendo valores elevados (>70%) até início de março de 2017 (Figura 24). Entre março e junho de 2017 foram registados valores de recrutamento entre 40 e 70%, sendo que a partir do fim de junho foram obtidos novamente valores elevados de recrutamento (100%).

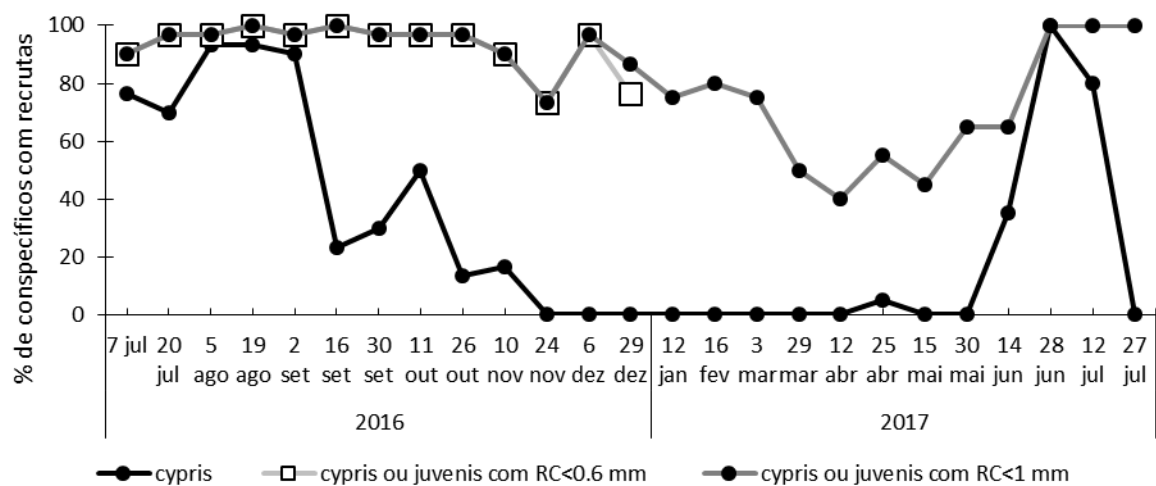


Figura 24 – Percentagem de conspecíficos com recrutas (*cypris* e *cypris* ou juvenis com RC<0.6 mm e RC<1 mm) entre 7 de julho de 2016 e 27 de julho de 2017 (n=30).

A correlação de Spearman entre o recrutamento quinzenal em conspecíficos obtido através da contagem do número de *cypris* e juvenis com RC inferior a 0,6 mm e a percentagem de conspecíficos com *cypris* ou juvenis com RC inferior a 0,6 mm foi significativa ($r_s=0.584$; $P=0.036$; $n=13$). Apesar de esta correlação ser significativa, verifica-se que enquanto os valores do número de recrutas apresentam acentuada variação entre 7 de julho e 26 de outubro, o índice obtido através da percentagem apresenta valores quase contantes de 100% ou próximos deste valor. No início da época de recrutamento, enquanto o número de recrutas é relativamente mais baixo nas primeiras duas datas de amostragem (menos de 10 recrutas por adulto), a percentagem de conspecíficos com recrutas é muito elevada e próximo de 100%. Por outro lado, na última data em que o recrutamento foi medido (29 de dezembro de 2016), o número de recrutas em conspecíficos é relativamente inferior (menos de 10 recrutas), enquanto o índice de percentagem se mantém elevado (77%).

A correlação de Spearman entre o recrutamento quinzenal em conspecíficos obtido através da contagem do número de *cypris* e juvenis com RC inferior a 1 mm e a percentagem de conspecíficos com *cypris* ou juvenis com RC inferior a 1 mm não foi significativa ($r_s=0.518$; $P=0.070$; $n=13$).

4.1.3 – Comparação entre índices de recrutamento em “barticles” e em conspecíficos

Os gráficos das Figuras 18 e 19 mostram a variação do recrutamento quinzenal e mensal de percebe em “barticles”. Os gráficos das Figuras 23, 24 e 25 mostram os dois índices de recrutamento em conspecíficos medidos a três escalas dimensionais/estado de desenvolvimento:

- número de *cypris* em conspecíficos;
- número de recrutas (*cypris* e juvenis com $RC < 0.6$ mm);
- número de recrutas (*cypris* e juvenis com $RC < 1$ mm);
- percentagem de conspecíficos com *cypris*;
- percentagem de conspecíficos com recrutas (*cypris* ou juvenis com $RC < 0.6$ mm);
- percentagem de conspecíficos com recrutas (*cypris* ou juvenis com $RC < 1$ mm).

No caso do recrutamento quinzenal em “barticles” e em conspecíficos, o período de maior recrutamento ocorre entre o final de julho e o final de outubro (valores médios de 6.29 e 63.18 respetivamente). No entanto, enquanto o recrutamento em “barticles” é muito reduzido ou nulo entre o final de outubro e o final de dezembro (< 0.83), o número de recrutas por adulto decresce para um valor médio de 31.93. No caso da percentagem de conspecíficos com recrutas, pode ser considerado que houve recrutamento intenso em todo o período estudado ($> 75\%$, julho a dezembro).

As correlações de Spearman entre o índice de recrutamento quinzenal em “barticles” e os índices de recrutamento em conspecíficos (Tabela 1) foram todas significativas, tendo a correlação estabelecida com o recrutamento de recrutas com RC inferior a 0.6 mm apresentado o valor mais elevado. No entanto, tal como foi referido na secção anterior, a percentagem de conspecíficos com recrutas (*cypris* ou recrutas com $RC < 0.6$ mm ou com $RC < 1$ mm) não apresentou praticamente variação em toda a época de recrutamento. Enquanto em 29 de dezembro, o recrutamento em “barticles” e o número de recrutas em conspecíficos era relativamente mais baixo, os índices de percentagem continuaram elevados e com valores de cerca de 80%.

As correlações de Spearman entre o índice de recrutamento mensal de percebes em “barticles” e os índices de recrutamento em conspecíficos (Tabela 1), entre julho de 2016 e julho de 2017, indicaram a existência de uma correlação significativa entre:

- o número de recrutas em “barticles” e o número de *cypris* em conspecíficos;
- o número de recrutas em “barticles” e o número de recrutas (*cypris* e juvenis com RC<1 mm).
- o número de recrutas em “barticles” e a percentagem de conspecíficos com *cypris*;
- o número de recrutas em “barticles” e a percentagem de conspecíficos com recrutas (*cypris* e juvenis com RC <1 mm).

Tabela 1 - Correlações de Spearman entre o recrutamento de *P. pollicipes* em "barticles" (nº de recrutas) e em conspecíficos (nº de recrutas e percentagem de conspecíficos com recrutas com RC<0.6 mm e RC<1 mm).

| Correlações | Recrutamento quinzenal (julho a dezembro de 2016) | | | Recrutamento mensal (julho de 2016 a julho de 2017) | | |
|---|--|-------------|-----------------|--|-------------|-----------------|
| nº de recrutas em “barticles” Vs. nº de <i>cypris</i> em conspecíficos | N=13 | $r_s=0.703$ | P= 0.007 | N=12 | $r_s=0.690$ | P= 0.013 |
| nº de recrutas em “barticles” Vs. nº de <i>cypris</i> e juvenis com RC<0.6 mm em conspecíficos | N=13 | $r_s=0.766$ | P=0.002 | SEM DADOS | | |
| nº de recrutas em “barticles” Vs. nº de <i>cypris</i> e juvenis com RC<1 mm em conspecíficos | N=13 | $r_s=0.645$ | P=0.017 | N=12 | $r_s=0.865$ | P=0.000 |
| nº de recrutas em “barticles” Vs. % conspecíficos com <i>cypris</i> | N=13 | $r_s=0.682$ | P=0.01 | N=12 | $r_s=0.690$ | P=0.013 |
| nº de recrutas em “barticles” Vs. % conspecíficos com <i>cypris</i> e juvenis com RC<0.6 mm | N=13 | $r_s=0.718$ | P=0.006 | SEM DADOS | | |
| nº de recrutas em “barticles” Vs. % conspecíficos com <i>cypris</i> e juvenis com RC<1 mm | N=13 | $r_s=0.718$ | P=0.006 | N=12 | $r_s=0.847$ | P= 0.01 |

4.1.4 – Estrutura dimensional dos juvenis fixos em “barticles”

Associado à medição do recrutamento foi feita a medição de RC dos juvenis fixos nos “barticles” em cada escala temporal (15 dias, 1 mês, 2, 3 e 6 meses) entre julho a dezembro de 2016. Através destas medições obteve-se a estrutura dimensional dos juvenis fixos nos “barticles” em cada uma das escalas temporais estudadas que correspondem às diferentes idades máximas dos percebes medidos (Figuras 25-30).

Os histogramas com a variação de RC dos juvenis sugerem que no verão e no outono os juvenis apresentam um tamanho médio mais reduzido comparativamente aos meses de inverno e início de primavera.

Nas primeiras datas de amostragem (agosto a outubro) a maior parte dos juvenis tinha um RC médio inferior a 0.6 mm, no entanto de novembro a fevereiro os juvenis apresentaram valores de RC médio superiores (RC médio entre 0.6 e 3 mm).

O valor de RC máximo dos juvenis em cada escala temporal de recrutamento foi de 1.5 mm (15 dias), 5.2 mm (1 mês), 5.7 mm (2 meses), 8.6 (3 meses) e 10.4 mm (6 meses) respetivamente.

Em geral, a maioria dos recrutas com 15 dias de vida apresentaram, no máximo, RC inferior a 0.6 mm, mas quando o número de recrutas foi baixo (<20), foram observados mais percebes com dimensões superiores, nomeadamente entre 1 e 2 mm (RC, outubro de 2016). Foi observado que o tamanho máximo dos percebes fixos nos “barticles” aumentou com a idade máxima desses percebes (equivalente ao tempo que o “barticle” esteve colocado no terreno). No caso dos percebes com um mês de vida no máximo, foi observada uma minoria de percebes com dimensões entre 2 e 3mm RC (ex.: dezembro de 2016). A percentagem de percebes com dimensões entre 2 e 3mm RC e com RC superior a 3 mm foi maior em percebes com 2 e 3 meses de vida no máximo.

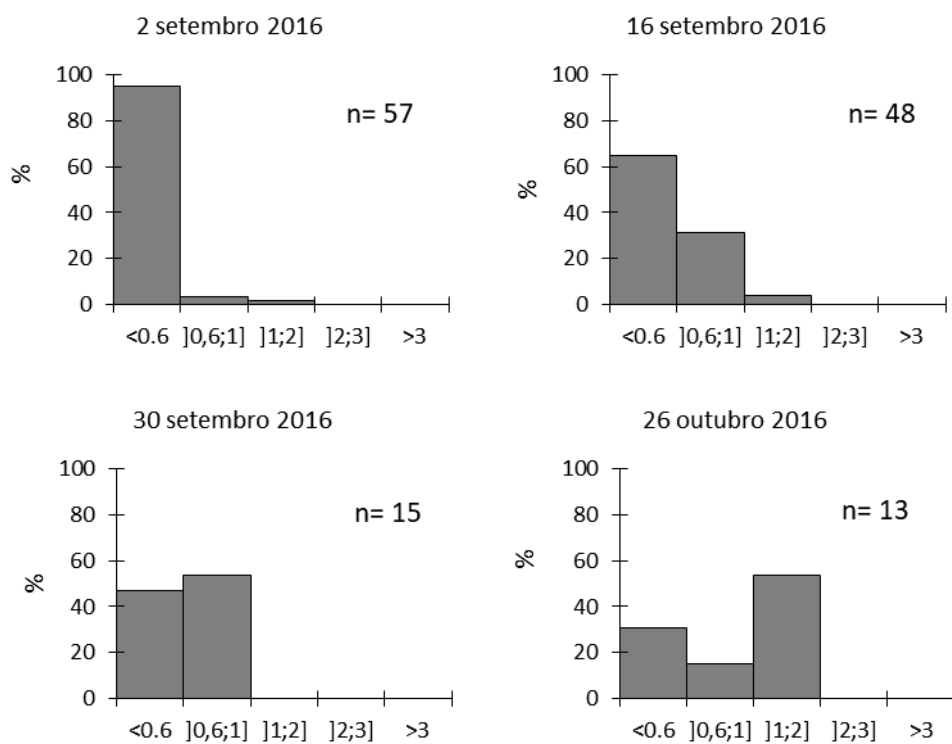


Figura 25 - Estrutura dimensional (RC, mm) dos juvenis fixos em "barticles" nas diferentes datas de recrutamento quinzenal (7 de julho de 2016 a 29 de dezembro de 2016).

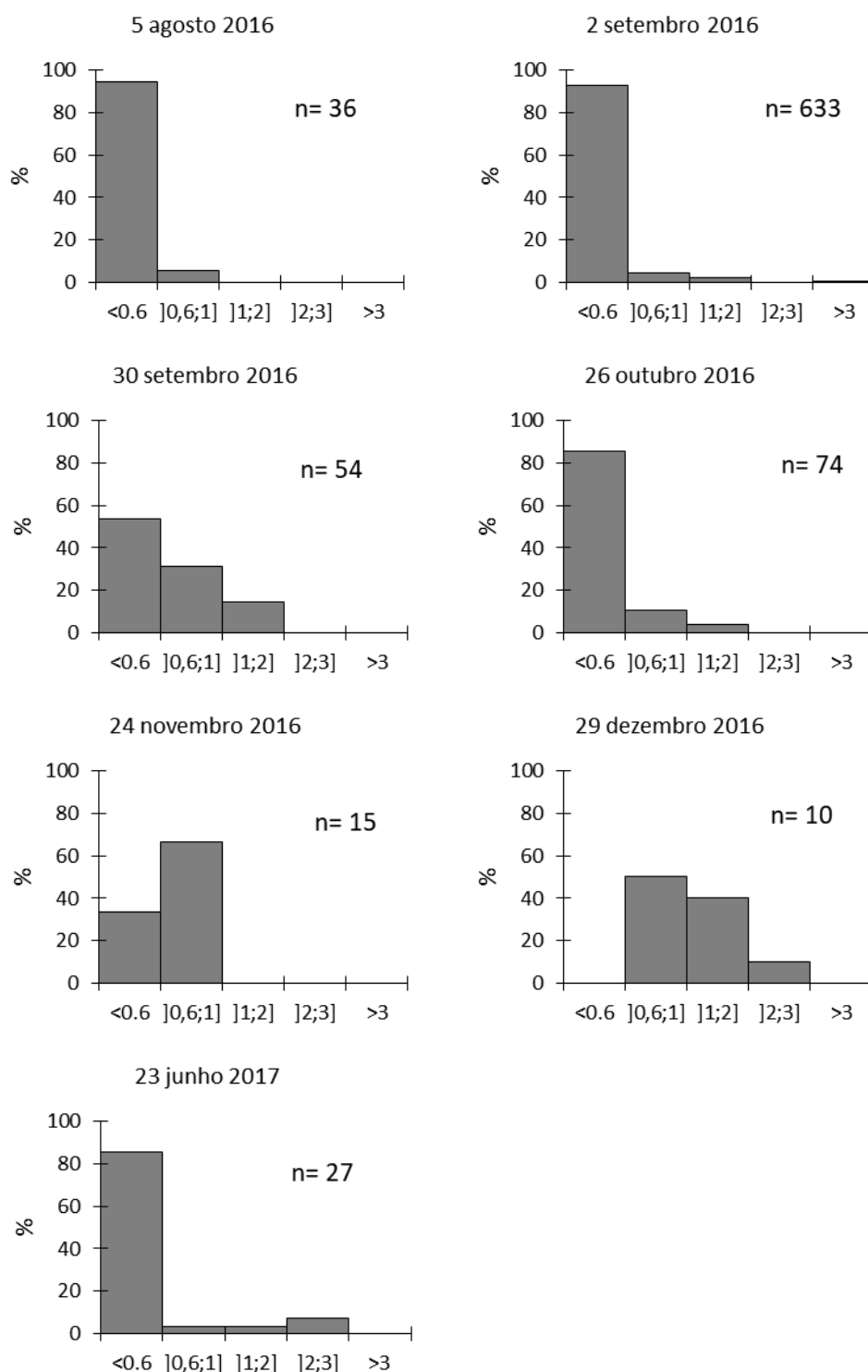


Figura 26 - Estrutura dimensional (RC, mm) dos juvenis fixos em "barticles" nas diferentes datas de recrutamento mensal (7 de julho de 2016 a 23 de junho de 2017).

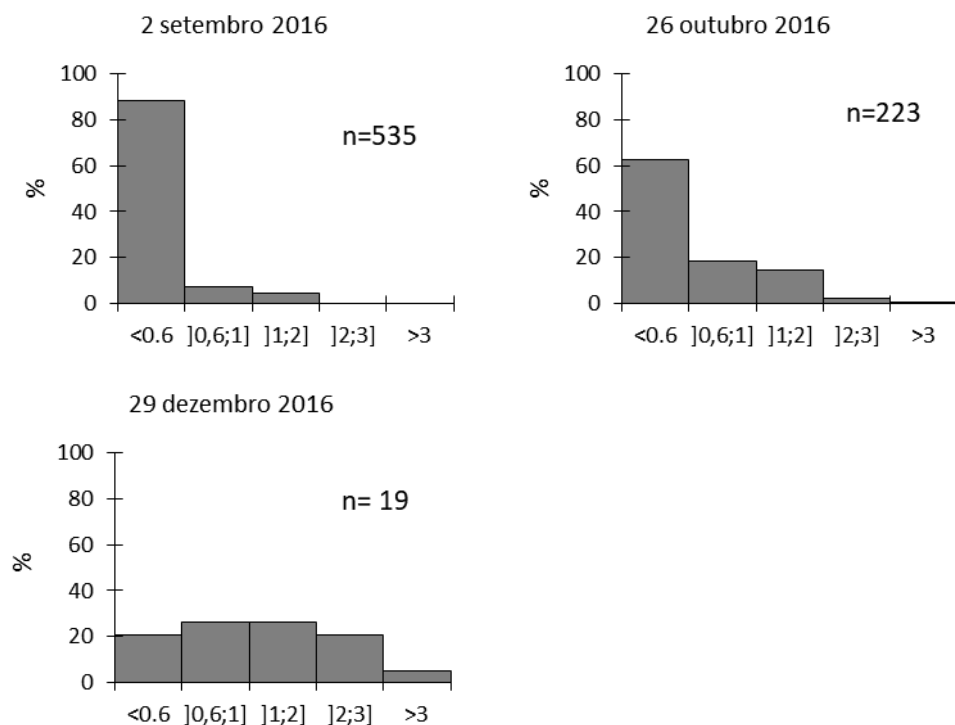


Figura 27 - Estrutura dimensional (RC, mm) dos juvenis fixos em “barticles” nas diferentes datas de recrutamento de 2 meses (7 de julho de 2016 a 23 de junho de 2017).

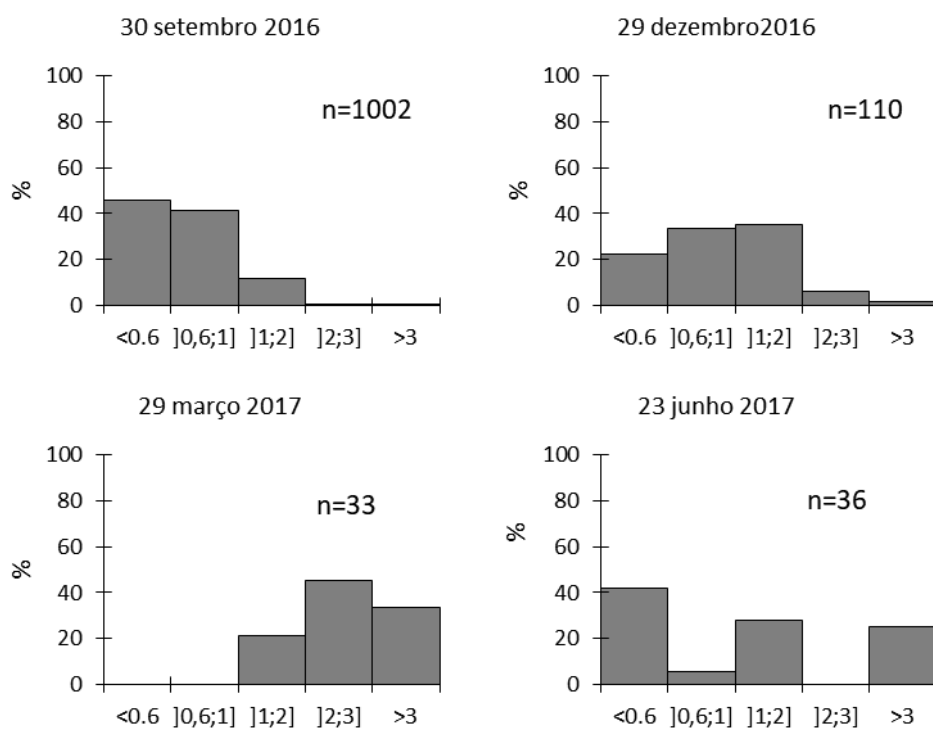


Figura 28 - Estrutura dimensional (RC, mm) dos juvenis fixos em “barticles” nas diferentes datas de recrutamento de 3 meses (7 de julho de 2016 a 23 de junho de 2017).

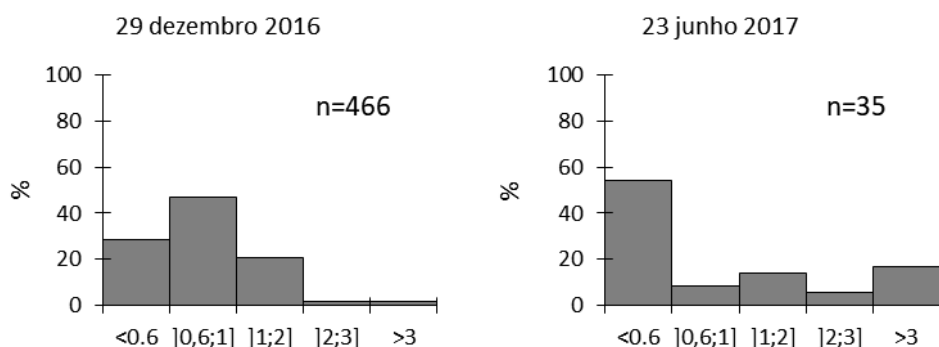


Figura 29 - Estrutura dimensional (RC, mm) dos juvenis fixos em “barticles” nas diferentes datas de recrutamento de 6 meses (7 de julho de 2016 a 23 de junho de 2017).

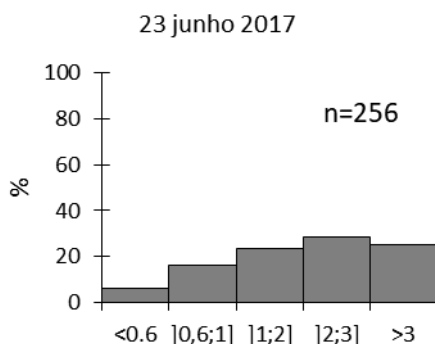


Figura 30 - Estrutura dimensional (RC, mm) dos juvenis fixos em “barticles” na escala temporal de 12 meses (7 de julho de 2016 a 23 de junho de 2017)

4.1.5 – Estrutura dimensional dos juvenis fixos em conspecíficos

Associado à estimativa do recrutamento feita através da contagem dos recrutas fixos em conspecíficos (ver secção anterior) fez-se a medição de RC dos juvenis. A estrutura dimensional dos juvenis em cada data de amostragem (julho a dezembro de 2016) está representada nos gráficos da Figura 31. Neste índice de recrutamento não é possível saber a idade máxima destes recrutas.

Com exceção das datas de 7 de julho, 11 de outubro e 29 de dezembro, nas restantes dez datas de amostragem, a classe dimensional mais abundante é a dos juvenis com tamanho inferior a 0.6 mm, parecendo não haver indicação de uma variação clara do tamanho dos recrutas ao longo do tempo. No dia 7 de julho de 2016 que corresponde ao início da época de recrutamento, as várias classes dimensionais apresentavam abundância semelhante, enquanto a 11 de outubro e em 29 de dezembro de 2016, as classes mais abundantes foram respetivamente as classes]1;2] mm e]0.6;1] mm.

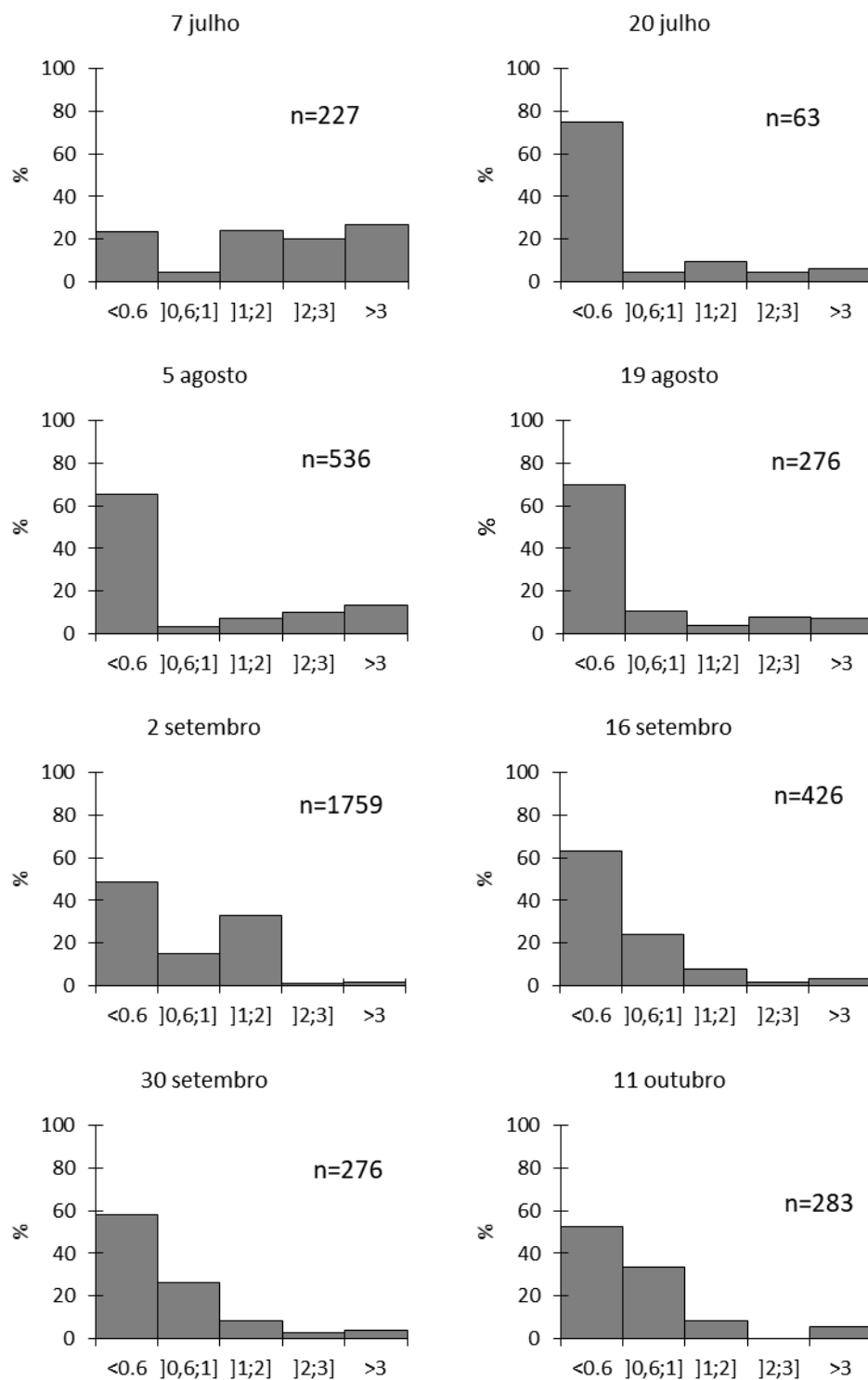


Figura 31 - Estrutura dimensional (RC, mm) dos juvenis fixos em conspécificos nas diferentes datas de amostragem (7 de julho de 2016 a 29 de dezembro de 2016).

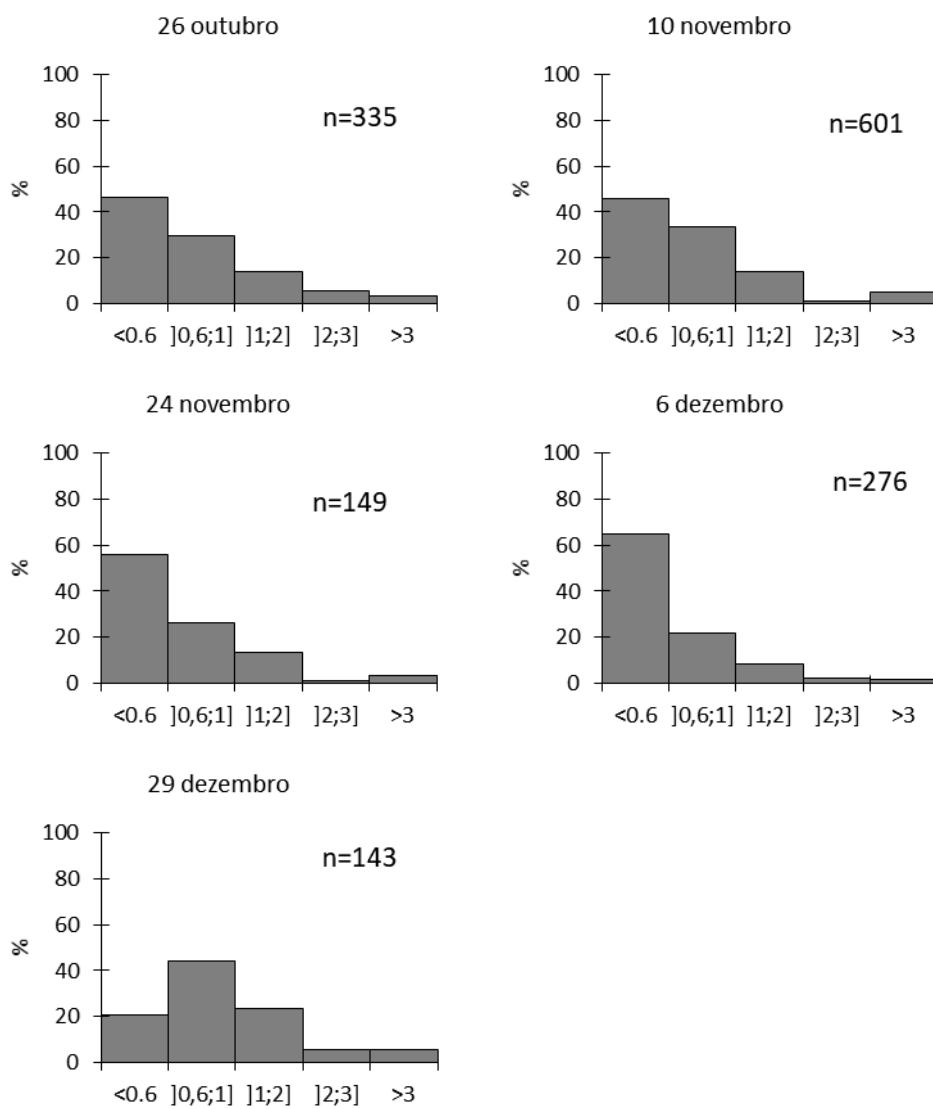


Figura 31 – (continuação).

4.2 – Variação temporal do recrutamento no Cabo de Sines e relação com variáveis ambientais

Obtiveram-se correlações positivas significativas entre o recrutamento médio quinzenal de percebe em “barticles” e a temperatura do ar (Figura 32) e a temperatura da água do mar (Figura 33) separadamente. O valor da correlação de Spearman entre o recrutamento médio e a temperatura do ar foi de $r=0.876$ ($p=0.000$, $n=13$). A correlação de Spearman entre o recrutamento de percebe e a temperatura da água teve um valor de $r=0.711$ ($p=0.006$, $n=13$). As correlações indicam que a variação do recrutamento de percebe é idêntica à variação da temperatura da água e do ar durante o período de amostragem (7 de julho de 2016 a 29 de dezembro de 2016). É de assinalar que a data em que o recrutamento quinzenal em “barticles” foi mais elevado (2 de setembro) correspondeu à quinzena em que a temperatura média da água do mar esteve mais elevada (19.8°C).

As correlações de Spearman entre o recrutamento de percebe e as restantes variáveis ambientais não foram significativas ($P>0.05$) (ver Figuras 34-40).

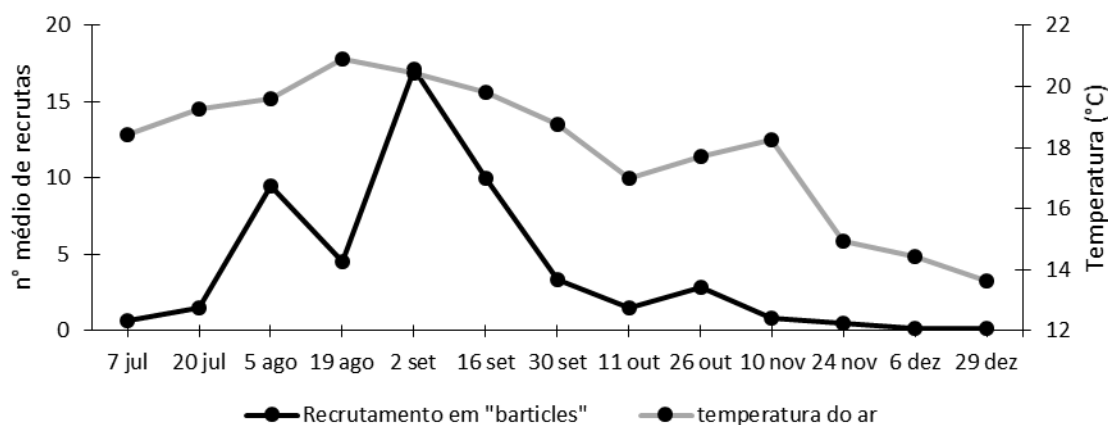


Figura 32 - Recrutamento quinzenal de *Pollicipes pollicipes* em "barticles" e temperatura do ar durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro.

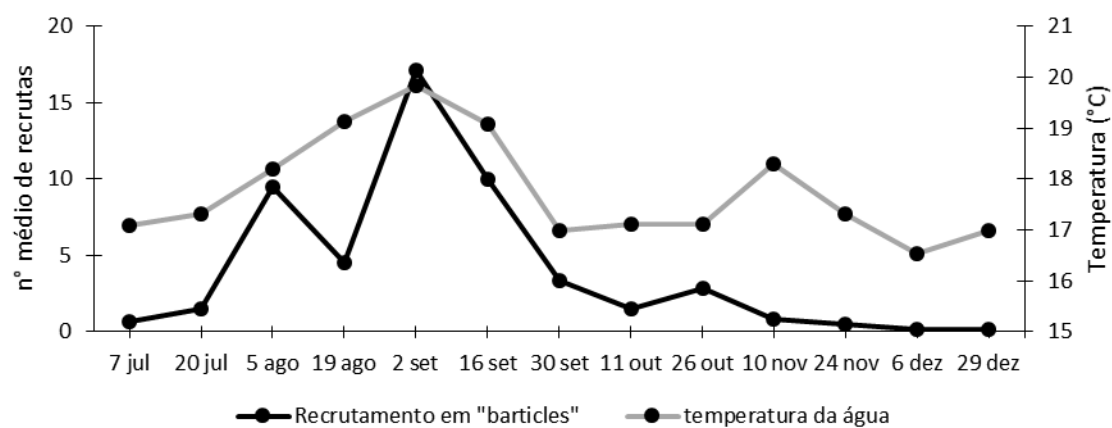


Figura 33 - Recrutamento quinzenal de *Pollicipes pollicipes* em "barticles" e temperatura da água do mar durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro.

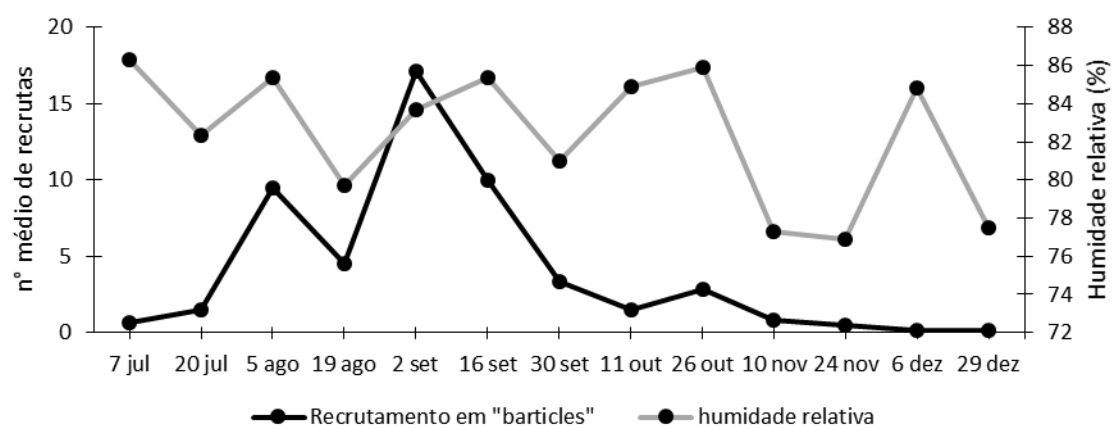


Figura 34 - Recrutamento quinzenal de *Pollicipes pollicipes* em "barticles" e umidade relativa durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro.

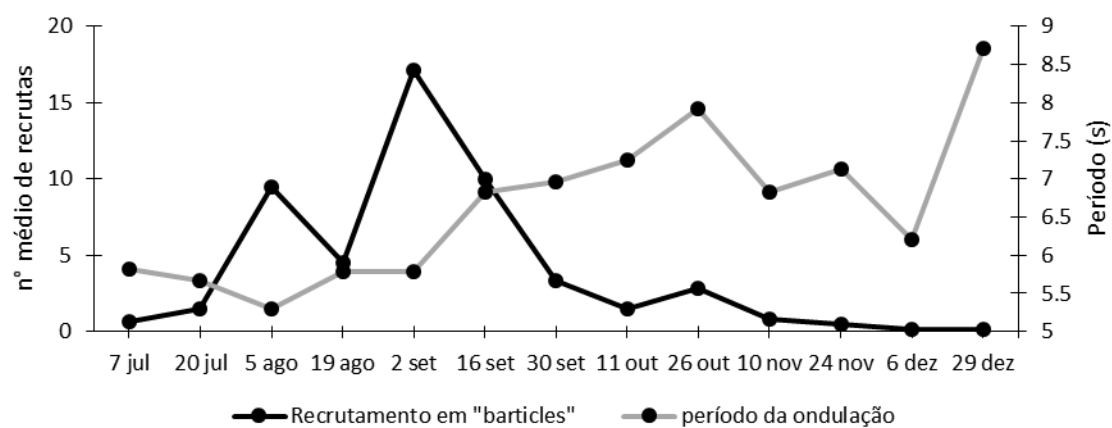


Figura 35 - Recrutamento quinzenal de *Pollicipes pollicipes* em "barticles" e período da ondulação durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro.

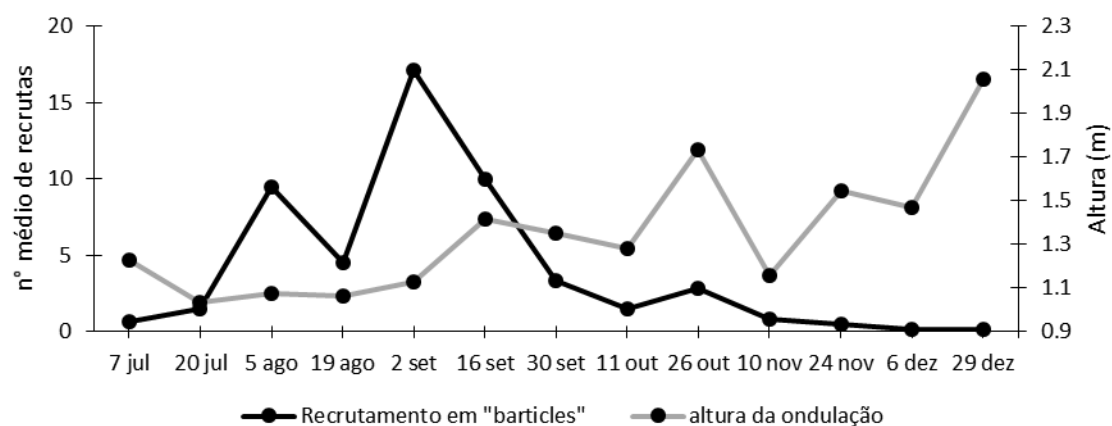


Figura 36 - Recrutamento quinzenal de *Pollicipes pollicipes* em "barticles" e altura da ondulação durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro.

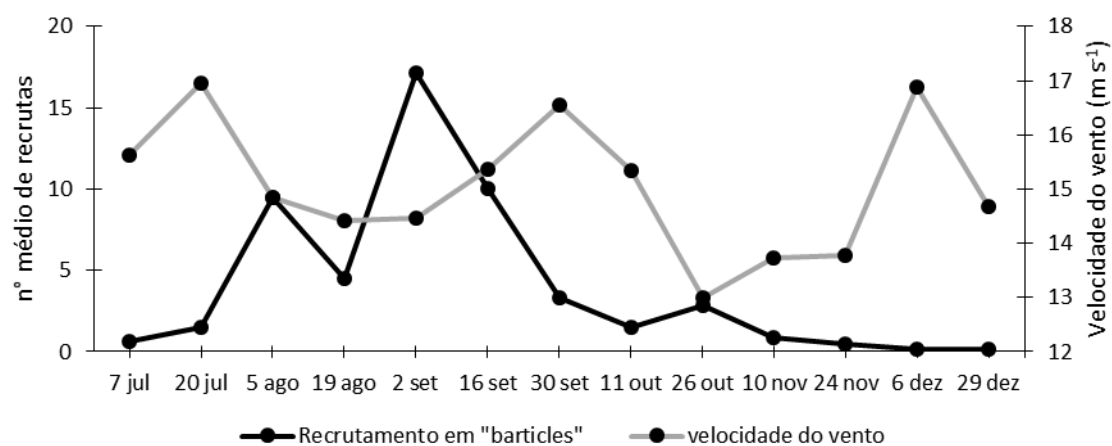


Figura 37 - Recrutamento quinzenal de *Pollicipes pollicipes* em "barticles" e velocidade do vento durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro.

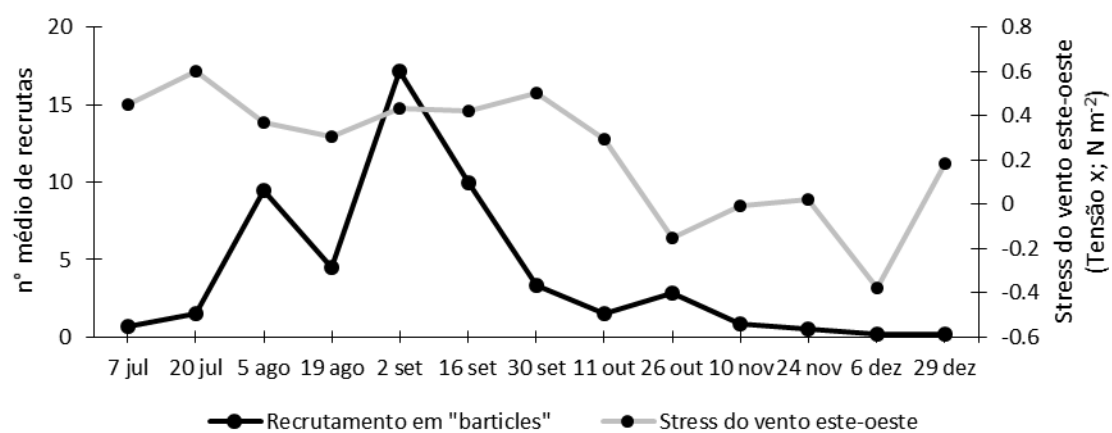


Figura 38 - Recrutamento quinzenal de *Pollicipes pollicipes* em "barticles" e stress do vento nas componentes este-oeste (τ_x) durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro.

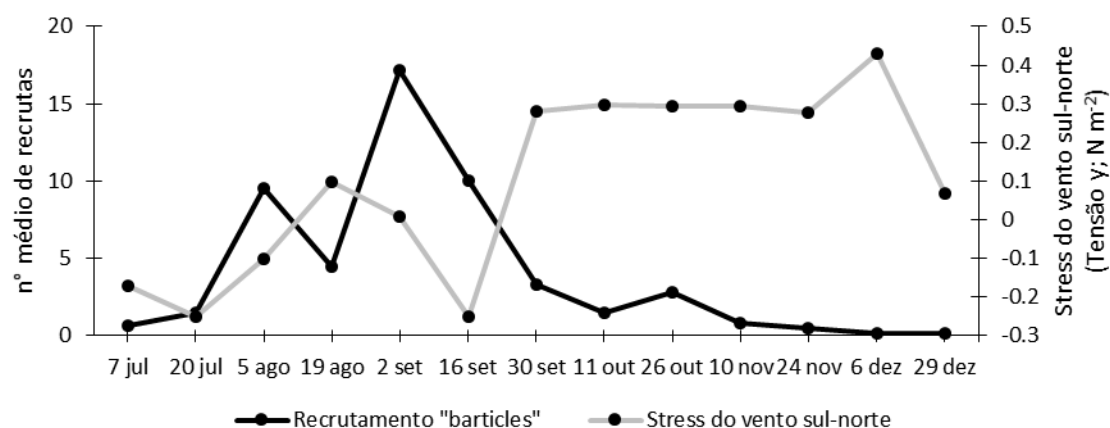


Figura 39 - Recrutamento quinzenal de *Pollicipes pollicipes* em "barticles" e stress do vento nas componentes sul-norte (τ_y) durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro.

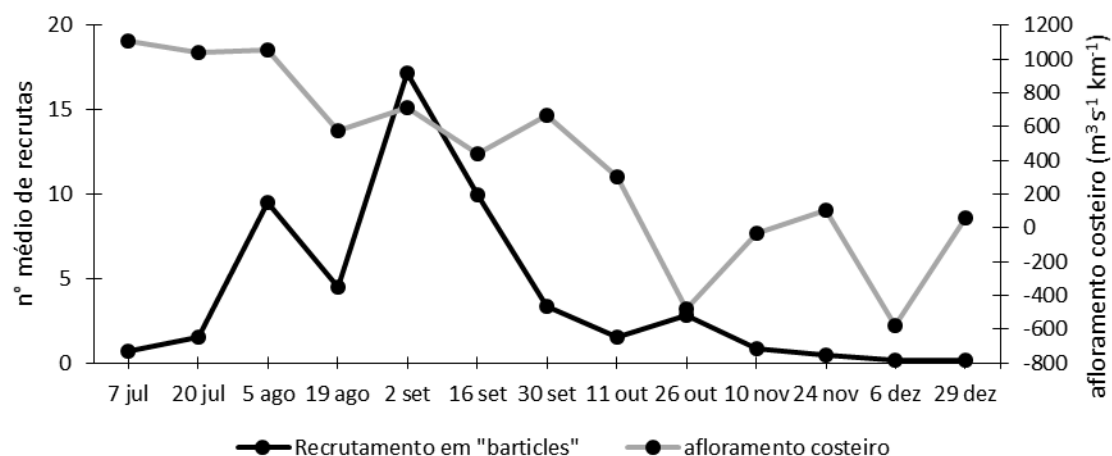


Figura 40 - Recrutamento quinzenal de *Pollicipes pollicipes* em "barticles" e afloramento costeiro durante o período de 7 de julho a 29 de dezembro.

4.3 – Variação temporal da disponibilidade larvar no Cabo de Sines e numa zona abrigada do Porto de Sines

As armadilhas "cypris trap" amostraram um número reduzido de larvas *cypris* de percebe, tendo no máximo sido colhidas 5 larvas por armadilha (Cabo de Sines), e sendo o valor médio de 0.5 e 0.6 larvas por armadilha no Porto de Sines e no Cabo de Sines respetivamente (Figura 41). Em sete das onze datas de amostragem não foi observada a presença de *cypris* de *Pollicipes pollicipes* no Porto de Sines. Nas armadilhas colocadas no Cabo de Sines foi detetada a presença de *cypris* de percebe em oito das onze datas de amostragem. Não foi observado um padrão significativo de maior abundância de *cypris* de percebe entre o Cabo de Sines e o Porto de Sines (teste binomial, $P > 0.05$).

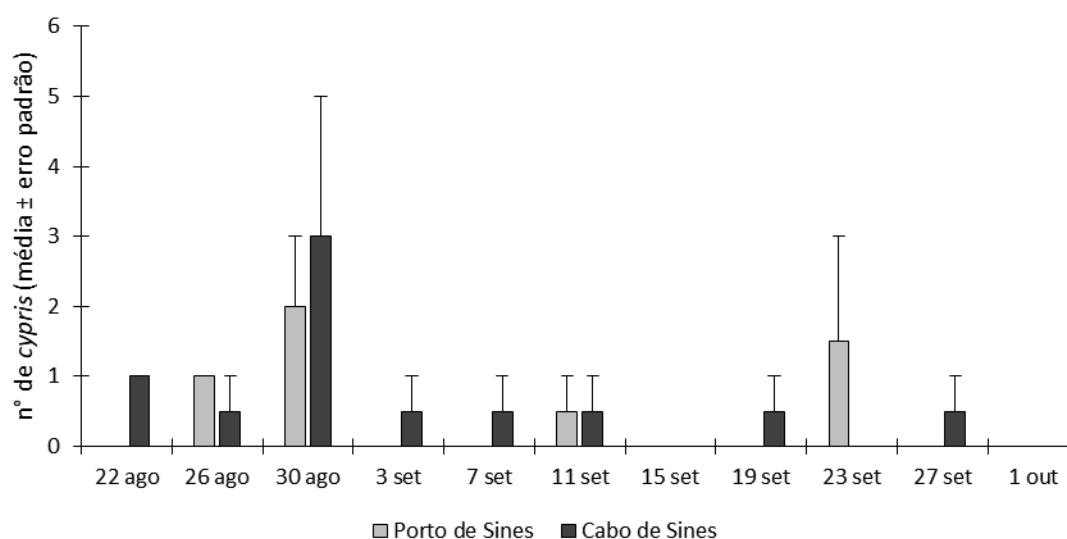


Figura 41 - Disponibilidade larvar de *cypris* de *Pollicipes pollicipes* em 4 dias no Cabo de Sines e no Porto de Recreio (Porto de Sines) amostradas por armadilhas de plâncton (“*cypris* trap”) entre 22 de agosto de 2016 e 1 de outubro de 2016 (n=2).

4.4 – Variação intradiária da disponibilidade larvar numa zona abrigada do Porto de Sines

Neste estudo utilizou-se o mesmo tipo de armadilhas do estudo anterior, “*cypris* trap”, de modo a amostrar a disponibilidade de larvas *cypris* de percebe tendo em conta o fator “período do dia” com dois níveis, dia e noite.

Das trinta e duas datas de amostragem, em nove datas foram detetadas *cypris* de percebe nas armadilhas que amostraram o dia. Nas armadilhas que amostraram a noite foram detetadas *cypris* de percebe em seis das trinta e duas datas de amostragem (Figura 42).

Não foi observado um padrão significativo de maior abundância de *cypris* de percebe em nenhum dos níveis do fator “período do dia” (dia e noite) (teste de binomial, $P > 0.05$).

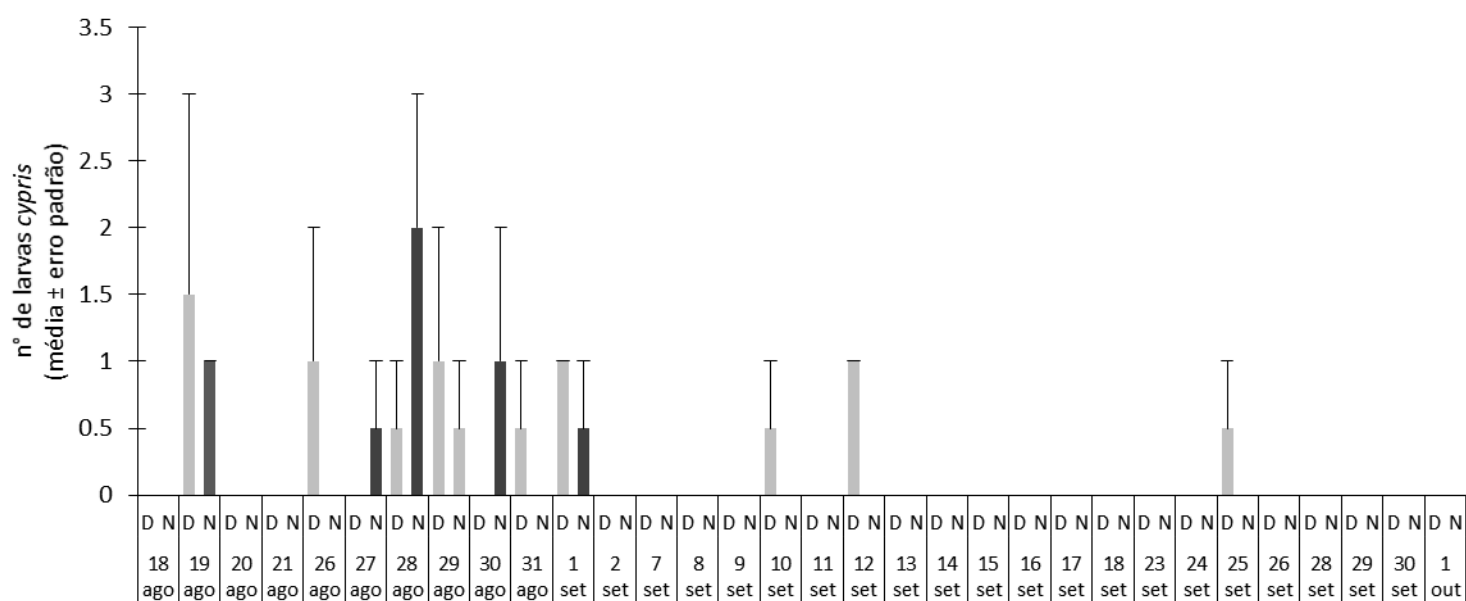


Figura 42 - Disponibilidade de larvas *cypris* de *Pollicipes pollicipes* no Porto de Recreio de Sines amostradas por armadilhas de plâncton ("cypris trap") em diferentes períodos do dia (D - dia; N - noite; n=2).

Utilizando o método dos arrastos neustónicos foi detetada a presença de larvas *cypris* de percebe no Porto de Recreio (Porto de Sines) em todas as datas de amostragem. Nos arrastos das 0h, das 18h e das 22h foram detetadas *cypris* de percebe em sete das oito datas de amostragem, enquanto nos arrastos das 10h e das 13h detetaram-se *cypris* em seis e quatro das oito datas de amostragem respetivamente.

A disponibilidade larvar de *cypris* de percebe às 13h e às 22h foi sempre menor do que às restantes horas amostradas (teste binomial, $P < 0.05$). No entanto, relativamente às 0h, 10h e 18h não houve um padrão claro de diferenças entre cada uma destas e as restantes horas amostradas (teste binomial, $P > 0.05$).

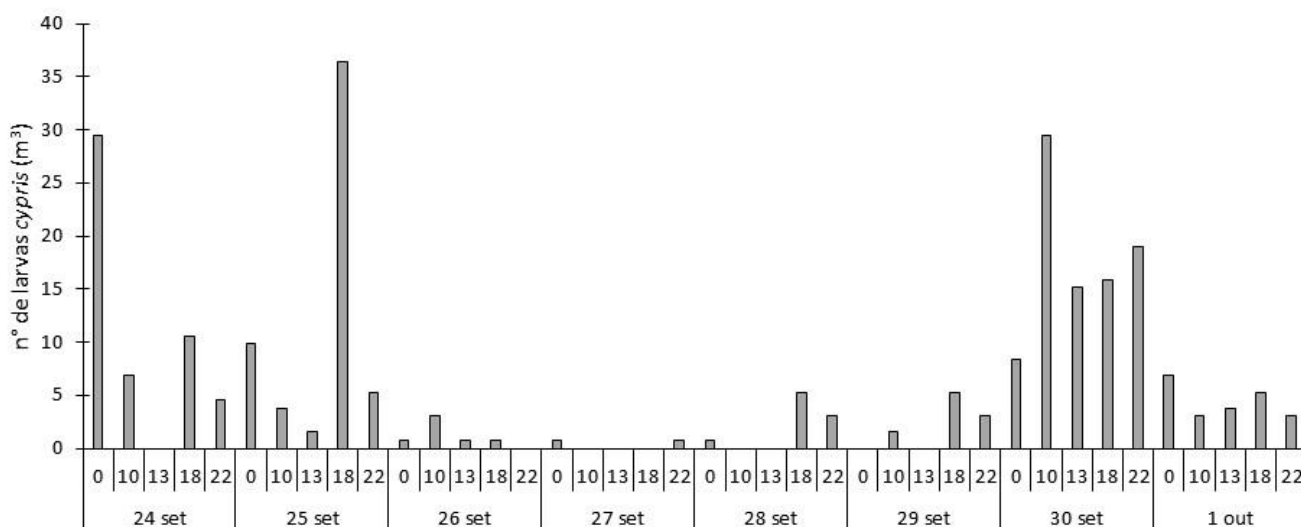


Figura 43 - Disponibilidade de larvas *cypris*/m³ de *Pollicipes pollicipes* no Porto de Recreio (Porto de Sines) amostradas por arrastos neustónicos a várias horas do dia (0h, 10h, 13h, 18h e 22h) entre 24 de setembro e 1 de outubro de 2016 (n=1).

4.5 – Variabilidade a pequena escala do recrutamento em locais com acentuada variação de abundância de percebe: efeito da proximidade de conspécíficos

O recrutamento de *P. pollicipes* em “barticles” ao longo deste estudo variou consoante o local (Cabo de Sines e Porto de Sines) tendo havido ausência de recrutamento em certas áreas no Cabo de Sines e no Porto de Sines. Por outro lado, o recrutamento em conspécíficos foi observado em todos os locais onde decorreu o estudo.

4.5.1 – Recrutamento de percebe em “barticles” próximos de conspécíficos no seu habitat natural e de conspécíficos transplantados.

Nesta parte do estudo, os “barticles” foram dispostos na zona intertidal onde o percebe é abundante (Pedras Amarelas e Pedras Negras no Cabo de Sines) e que apresenta hidrodinamismo elevado. Verificou-se a presença de recrutas (*cypris* e juvenis) nos “barticles” colocados junto dos percebes naturais e dos percebes transplantados (Figura 44).

Na ANOVA (Tabela 2) relativa à comparação do recrutamento em “barticles” não se verificaram efeitos significativos dos fatores testados (área, conspécíficos naturais/transplantes, predação e distâncias aos conspécíficos). Em média, o recrutamento em “barticles” nestas áreas foi de 41.29 ± 6.13 (média \pm erro padrão).

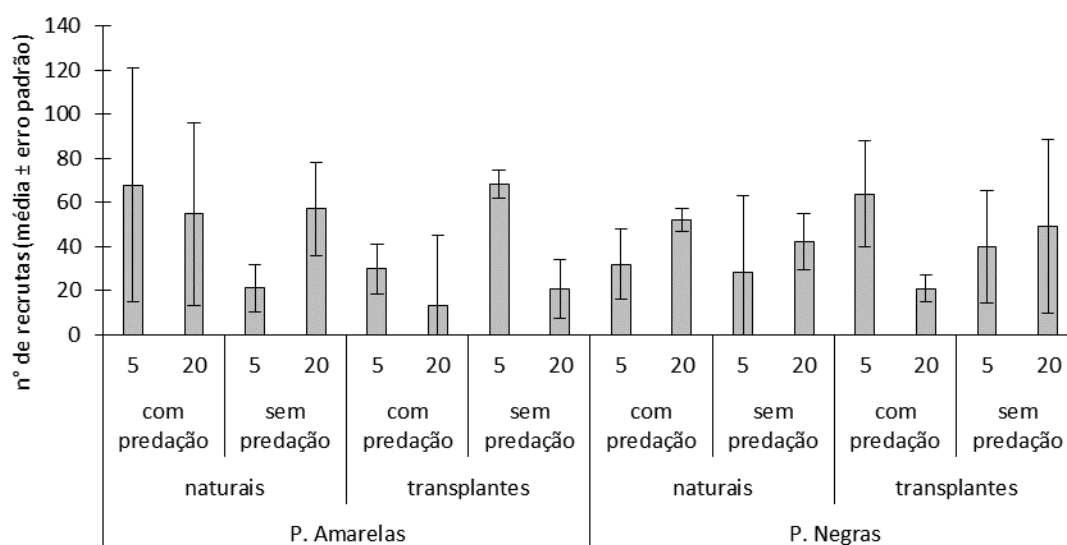


Figura 44 - Recrutamento de *Pollicipes pollicipes* em “barticles” colocados a diferentes distâncias de um conjunto de percebes na zona onde é abundante (naturais e transplantes).

Tabela 2 - Resultado da ANOVA do recrutamento em “barticles” em relação aos fatores: área (Ar); transplante/natural (Tr); predação (Pr); distância (Di). N=4. Análise efetuada sem transformação de dados (Teste de Cochran: C= 0.274, P>0.05). Legenda: g.l. – graus de liberdade; M.Q – media dos quadrados.

| Origem da variação | g.l | M.Q | F | P |
|--------------------|-----|-----------|-------|--------|
| Ar | 1 | 4.5156 | 0.00 | 0.9678 |
| Tr | 1 | 618.7656 | 0.31 | 0.6763 |
| Pr | 1 | 15.0156 | 0.52 | 0.6023 |
| Di | 1 | 425.3906 | 0.93 | 0.5114 |
| Ar X Tr | 1 | 1991.3906 | 0.73 | 0.3985 |
| Ar X Pr | 1 | 28.8906 | 0.01 | 0.9187 |
| Ar X Di | 1 | 456.8906 | 0.17 | 0.6851 |
| Tr X Pr | 1 | 2956.6406 | 2.27 | 0.3733 |
| Tr X Di | 1 | 5986.8906 | 64.62 | 0.0788 |
| Pr X Di | 1 | 1032.0156 | 5.17 | 0.2637 |
| Ar X Tr X Pr | 1 | 1305.0156 | 0.48 | 0.4938 |
| Ar X Tr X Di | 1 | 92.6406 | 0.03 | 0.8550 |
| Ar X Pr X Di | 1 | 199.5156 | 0.07 | 0.7886 |
| Tr X Pr X Di | 1 | 123.7656 | 0.03 | 0.8981 |
| Ar X Tr X Pr X Di | 1 | 4743.7656 | 1.73 | 0.1948 |
| Residual | 48 | 2744.0469 | | |
| Total | 63 | | | |

4.5.2 – Recrutamento de percebe em zonas com diferentes abundâncias de percebe/condições de hidrodinamismo

4.5.2.1 – Recrutamento em “barticles”

Nesta comparação do recrutamento em “barticles” em zonas com diferentes abundâncias de percebe/condições de hidrodinamismo, verificou-se a presença de recrutas (*cypris* e juvenis) nas áreas mais expostas à ondulação/com percebe abundante do Cabo de Sines (Pedras Amarelas e Pedras Negras) (Figura 45), tendo estes resultados já sido apresentados e analisados na secção anterior. No Porto de Sines não se obteve recrutamento em “barticles” em ambas as áreas deste local (Porto de Recreio e Molhe Leste), pelo que não foi realizada análise estatística.

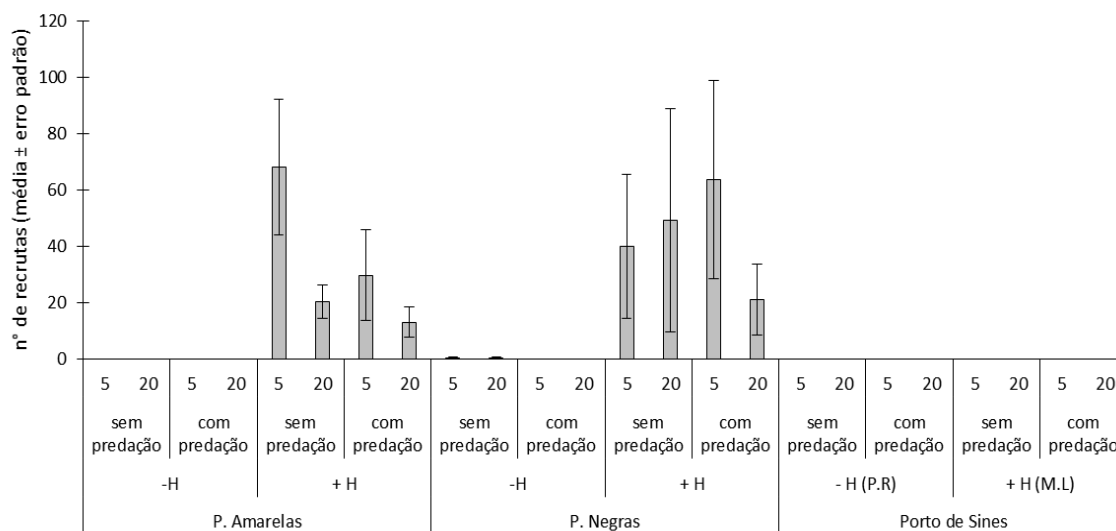


Figura 45 - Recrutamento de *Pollicipes pollicipes* em “barticles” colocados a diferentes distâncias de um conjunto de percebes transplantados para locais com diferentes abundâncias desta espécie.

4.5.2.2 – Recrutamento em conspecíficos

Como seria de esperar, foi observado recrutamento anterior à data de início da experiência (juvenis marcados) em todas as áreas estudadas, visto os transplantes serem originários de locais onde o percebe é abundante e a data de transplante estar inserida no período de recrutamento (Figura 46). Contrariamente ao que foi observado nos “barticles”, observou-se recrutamento recente (*cypris* e juvenis não marcados) nos conspecíficos de todas as áreas estudadas (Figura 47)

Na análise de variância aos juvenis marcados verificou-se uma interação significativa entre os fatores local e hidrodinamismo (Tabela 3). Para o fator hidrodinamismo não se obtiveram diferenças significativas no número de juvenis marcados nas áreas com hidrodinamismo diferente (-H e +H) das Pedras Amarelas e das Pedras Negras. No Porto de Sines obtiveram-se diferenças significativas entre as duas áreas amostradas, tendo sido verificado um maior número de recrutas marcados na área com mais hidrodinamismo (Molhe Leste) (Tabela 3). Para o fator local, nas áreas com menos hidrodinamismo, o número de recrutas marcados foi mais elevado nas Pedras Amarelas e nas Pedras Negras comparativamente ao Porto de Sines. Nas áreas com mais hidrodinamismo não se obtiveram diferenças significativas entre os três locais amostrados (Pedras Amarelas, Pedras Negras, Porto de Sines) (Tabela 3).

Na análise de variância às *cypris* e juvenis não marcados, verificou-se uma interação significativa entre os fatores local e hidrodinamismo (Tabela 4). Para o fator hidrodinamismo, foi observado um maior número de *cypris* e de juvenis não marcados em ambas as áreas com mais hidrodinamismo das Pedras Amarelas e do Porto de Sines (Molhe Leste). Não se obtiveram diferenças significativas entre as duas áreas com hidrodinamismo diferente (-H e +H) das Pedras Negras (Tabela 4). Para o fator local, nas áreas com menor hidrodinamismo, o número de *cypris* e juvenis não marcados foi mais elevado nas Pedras Negras comparativamente às Pedras Amarelas e ao Porto de Sines (Porto de Recreio). Nas áreas com mais hidrodinamismo o número de *cypris* e juvenis não marcados foi mais elevado nas Pedras Amarelas e nas Pedras Negras comparativamente ao Porto de Sines (Molhe Leste) (Tabela 4).

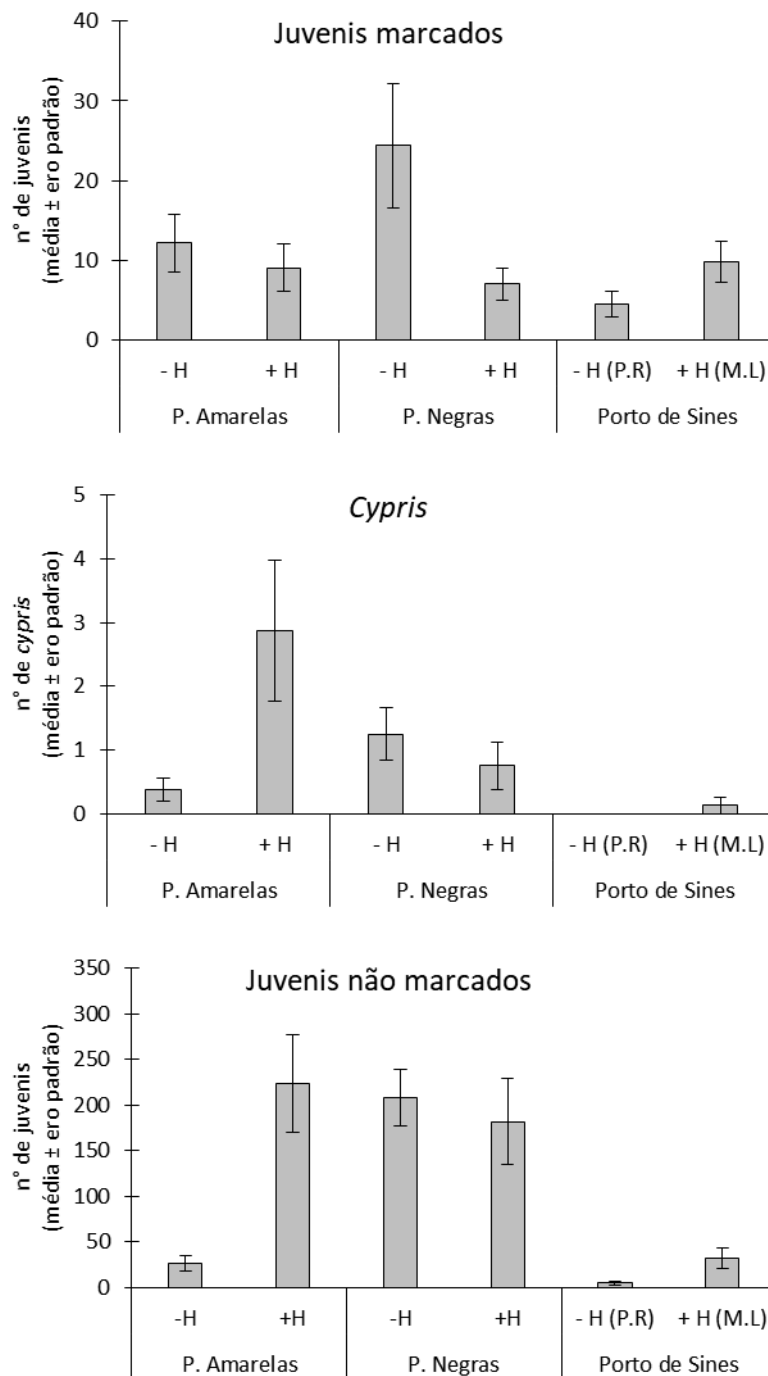


Figura 46 - Recrutamento de *Pollicipes pollicipes* em conspécificos transplantados para locais com diferentes abundâncias de percebe (-H: local com menor hidrodinamismo; +H: local com mais hidrodinamismo; P. R - Porto de Recreio; M.L - Molhe Leste). Cada gráfico corresponde a uma variável diferente (nº médio de juvenis marcados, número médio de cypris e nº médio de juvenis não marcados (n=8)).

Tabela 3 - Resultado da ANOVA e dos testes SNK do recrutamento de percebe em conspécíficos (juvenis marcados) em relação aos fatores: local (Lo); hidrodinamismo (Hi). N=8. Análise efetuada com transformação dos dados por log (x) +1 (Teste de Cochran: C= 0.3347, P<0.05. Legenda: P.A – Pedras Amarelas; P.N – Pedras Negras; P.S – Porto de Sines; g.l. – graus de liberdade; MQ – média dos quadrados. “<” ou “>” – diferença significativa (P <0.05).

| Origem da variação | g.l | M.Q | F | P |
|--------------------|--------|--------|-----------------|---------------|
| Lo | 2 | 0.4804 | 1.10 | 0.3437 |
| Hi | 1 | 0.0557 | 0.13 | 0.7233 |
| Lo X Hi | 2 | 1.8930 | 4.32 | 0.0197 |
| Residual | 42 | 0.4384 | | |
| Total | 47 | | | |
| SNK | Hi(Lo) | P.A | -H = +H | |
| | | P.N | -H = +H | |
| | | P.R | -H < +H | |
| | Lo(Hi) | -H | P.A = P.N > P.S | |
| | | +H | P.A = P.N = P.S | |

Tabela 4 - Resultado da ANOVA e dos testes SNK do recrutamento de percebe em conspécíficos (cypris e juvenis não marcados) em relação aos fatores: local (Lo); hidrodinamismo (Hi). N=8. Análise efetuada com transformação dos dados por raiz quadrada (Teste de Cochran: C= 0.3335, P>0.05). Legenda: P.A – Pedras Amarelas; P.N – Pedras Negras; P.S – Porto de Sines; g.l. – graus de liberdade; MQ – média dos quadrados. “<” ou “>” – diferença significativa (P<0,05).

| Origem da variação | g.l | M.Q | F | P |
|--------------------|--------|---------|-----------------|---------------|
| Lo | 2 | 95.5922 | 48.30 | 0.0000 |
| Hi | 1 | 62.6543 | 31.66 | 0.0000 |
| Lo X Hi | 2 | 27.1385 | 13.71 | 0.0000 |
| Residual | 42 | 1.9791 | | |
| Total | 47 | | | |
| SNK | Hi(Lo) | P.A | -H < +H | |
| | | P.N | -H = +H | |
| | | P.S | -H < +H | |
| | Lo(Hi) | -H | P.N > P.A = P.S | |
| | | +H | P.A = P.N > P.S | |

4.5.3 – Recrutamento de percebe em diferentes condições de imersão: intertidal e subtidal

4.5.3.1 – Recrutamento em “barticles” colocados em diferentes substratos no intertidal (rocha e PVC)

Em ambos os locais do Cabo de Sines (Pedras Amarelas e Pedras Negras) foi verificado recrutamento em “barticles” colocados nos dois tipos de substrato (rocha e PVC). No entanto, no interior do Porto de Sines não se obteve recrutamento em “barticles” colocados na rocha e no PVC (Figura 47).

Através da ANOVA realizada verificou-se uma interação significativa entre os fatores substrato e hidrodinamismo nos dois locais que apresentaram recrutamento em “barticles” (Pedras Amarelas e Pedras Negras). No entanto não se obtiveram diferenças significativas entre os dois locais amostrados (Tabela 5).

Nas áreas com menor hidrodinamismo, o recrutamento em “barticles” foi muito reduzido e considerado similar entre os dois substratos. Nas áreas com maior hidrodinamismo o recrutamento foi mais elevado (cerca de 5 a 7 vezes mais) nos “barticles” colocados na rocha do que no PVC.

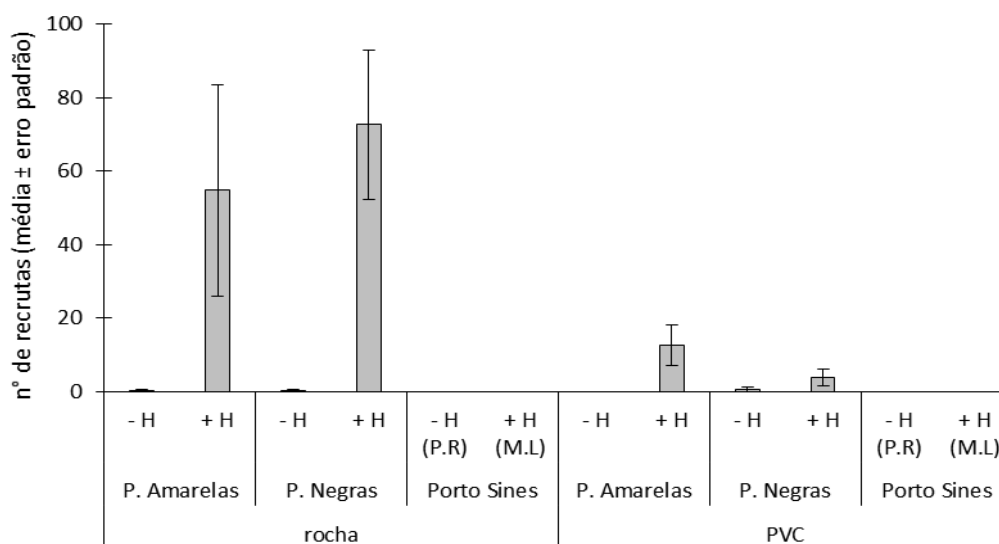


Figura 47 - Recrutamento de *Pollicipes pollicipes* em “barticles” colocados em diferentes substratos (rocha e PVC) e em locais com diferentes abundâncias de percebe (-H: local com menor hidrodinamismo; +H: local com mais hidrodinamismo; P.R: Porto de Recreio; M.L: Molhe Leste).

Tabela 5 - Resultado da ANOVA do recrutamento de percebe em “barticles” em relação aos fatores: substrato (Su); local (Lo); hidrodinamismo (Hi). N=4. Análise efetuada sem transformação de dados (Teste de Cochran: C= 0.6479, P <0.01). Legenda: g.l. – graus de liberdade; MQ – média dos quadrados. “<” ou “>” – diferença significativa (P<0,05).

| Origem da variação | g.l | M.Q | F | P |
|--------------------|-----|------------|-------|---------------|
| Su | 1 | 6132.7813 | 9.61 | 0.0049 |
| Lo | 1 | 47.5313 | 0.07 | 0.7873 |
| Hi | 1 | 10260.2813 | 16.08 | 0.0005 |
| Su X Lo | 1 | 344.5313 | 0.54 | 0.4696 |
| Su X Hi | 1 | 6244.0313 | 9.78 | 0.0046 |
| Lo X Hi | 1 | 38.2813 | 0.06 | 0.8086 |
| Su X Lo X Hi | 1 | 371.2813 | 0.58 | 0.4531 |
| Residual | 24 | 638.2604 | | |
| Total | 31 | | | |

| | | | |
|------------|--------|-------|-------------|
| SNK | Su(Hi) | -H | Rocha = PVC |
| | | +H | Rocha > PVC |
| | Hi(Su) | Rocha | -H < +H |
| | | PVC | -H = +H |

4.5.3.2 – Recrutamento em “barticles” na zona subtidal pouco profunda

O recrutamento de percebe em “barticles” colocados quer em PVC como na rocha na zona subtidal pouco profunda do Porto de Sines (Porto de Recreio e Molhe Leste) foi nulo, pelo que não se apresentam os dados e realiza a análise estatística.

4.5.3.3 – Recrutamento em “barticles” em condições diferentes de imersão (intertidal e subtidal) utilizando o PVC como substrato: diferentes distâncias a um conjunto de conspecíficos.

O recrutamento de percebe em “barticles” colocados nas diferentes condições de imersão (intertidal e subtidal) utilizando o PVC como substrato e em áreas do Porto de Sines foi nulo, pelo que não se apresentam os dados e realiza a análise estatística.

4.5.3.4 – Recrutamento de percebe em conspecíficos em diferentes condições de imersão (intertidal e subtidal)

Ao contrário do recrutamento em “barticles”, foi observado recrutamento recente em conspecíficos (*cypris* e juvenis não marcados) no intertidal e no subtidal das áreas amostradas no Porto de Sines (Figura 48). Como seria de esperar, foi observado recrutamento anterior à data de início da experiência (juvenis marcados) em todas as

áreas estudadas, visto os transplantes serem originários de locais onde o percebe é abundante e a data de transplante estar inserida no período de recrutamento (Figura 48).

Na ANOVA relativa à comparação do número médio de juvenis marcados fixos em conspecíficos em diferentes condições de imersão (intertidal e subtidal) não se verificaram efeitos significativos dos fatores testados (Tabela 6). O número médio de juvenis marcados nestes locais foi de 3.41 ± 0.784 (média \pm erro padrão).

Através da ANOVA realizada à comparação do número médio de *cypris* e juvenis não marcados fixos em conspecíficos foi detetado um efeito significativo do fator área, tendo sido maior o recrutamento no Molhe Leste do que no Porto de Recreio. Por outro lado, não foram observadas diferenças significativas entre os dois níveis intertidais (Tabela 7). É de referir que nesta análise o pressuposto da homogeneidade das variâncias foi violado. Ou seja, mesmo após transformação dos dados, as diferenças detetadas podem ser reais ou devidas à maior probabilidade de fazer um erro de tipo I (maior probabilidade de rejeição) devido à violação do pressuposto.

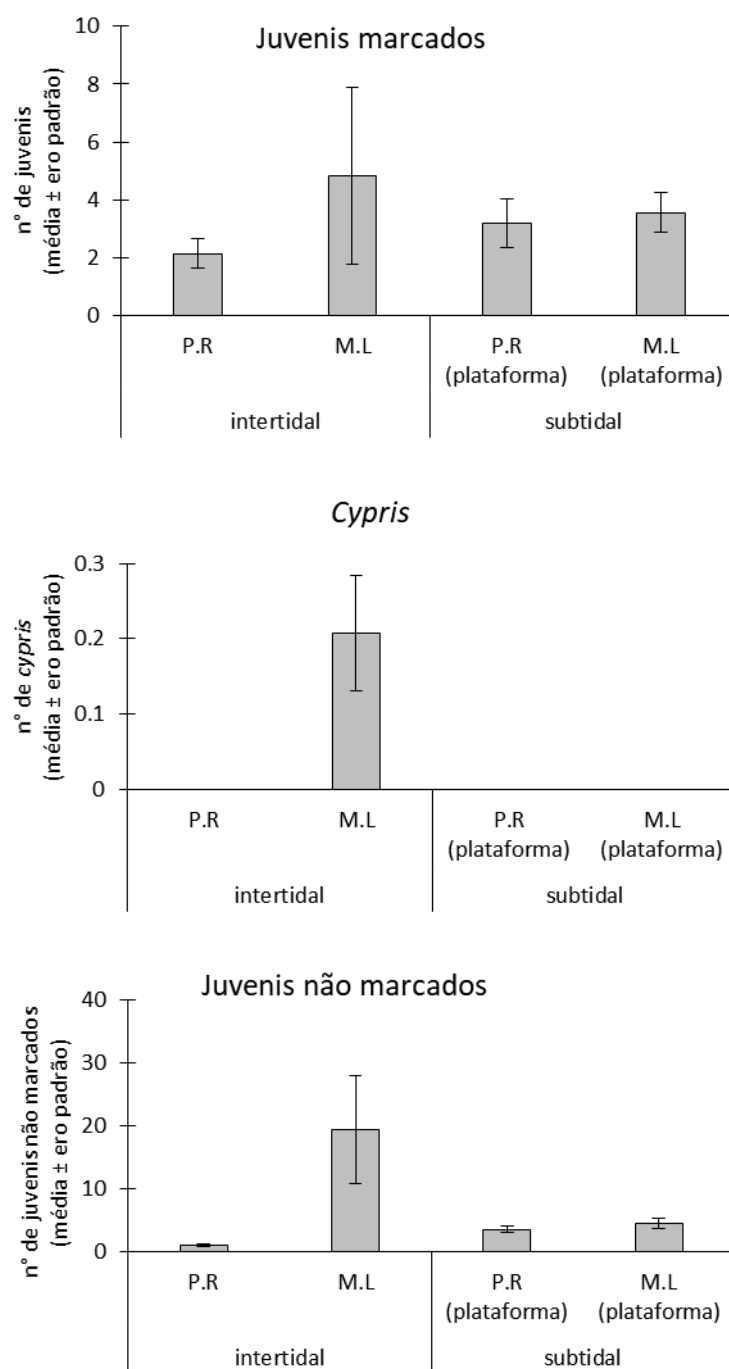


Figura 48 - Recrutamento de *Pollicipes pollicipes* em conspécificos transplantados para diferentes níveis verticais (intertidal e subtidal) do Porto de Sines (P.R – Porto de Recreio; M.L – Molhe Leste).

Tabela 6 - Resultado da ANOVA do recrutamento de percebe em conspecíficos (recrutas marcados) em relação aos fatores: nível vertical (Ni); área (Ar); N=8. Análise efetuada com transformação dos dados por $\log(x)+1$ (Teste de Cochran: C= 0.4710, $P>0.05$). Legenda: g.l.– graus de liberdade; MQ – média dos quadrados.

| Origem da variação | g.l | M.Q | F | P |
|--------------------|-----|--------|------|--------|
| Ni | 1 | 0.2759 | 0.50 | 0.4860 |
| Ar | 1 | 0.0300 | 0.05 | 0.8176 |
| Ni X Ar | 1 | 0.0005 | 0.00 | 0.9773 |
| Residual | 28 | 0.5534 | | |
| Total | 31 | | | |

Tabela 7 - Resultado da ANOVA do recrutamento de percebe em conspecíficos (cypris e recrutas não marcados) em relação aos fatores: nível vertical (Ni); Ar (Ar); N=8. Análise efetuada com transformação dos dados por $\log(x)+1$ (Teste de Cochran: C= 0.9583, $P<0.01$). Legenda: M.L – Molhe Leste; P.R – Porto de Recreio; g.l. – graus de liberdade; MQ – média dos quadrados. “<” ou “>” – diferença significativa ($P<0,05$).

| Origem da variação | g.l | M.Q | F | P |
|--------------------|-----|--------|-----------|---------------|
| Ni | 1 | 0.7040 | 1.00 | 0.3259 |
| Ar | 1 | 4.1218 | 5.85 | 0.0223 |
| Ni X Ar | 1 | 1.6043 | 2.28 | 0.1424 |
| Residual | 28 | 0.7042 | | |
| Total | 31 | | | |
| SNK | | Lo | P.R < M.L | |

5. DISCUSSÃO

O presente trabalho permitiu estudar o recrutamento e a disponibilidade larvar de *Pollicipes pollicipes* a diferentes escalas temporais e espaciais e relacionar o recrutamento do percebe com variáveis ambientais. Utilizou-se um novo substrato artificial (“barticle”) de forma a compreender algumas questões relacionadas com a variação temporal e espacial do recrutamento do percebe.

Variação temporal do recrutamento de *Pollicipes pollicipes*

O recrutamento de *Pollicipes pollicipes* no Cabo de Sines foi medido através de índices de recrutamento em conspecíficos (número de *cypris*/recrutas e percentagem de conspecíficos com *cypris*/recrutas), como utilizados em estudos anteriores (ver revisão em Cruz *et al.*, 2010), e através de um índice de recrutamento novo – número de recrutas num substrato artificial (“barticle”). A utilização de “barticles” como substrato artificial para medir o recrutamento de percebes é uma técnica recente e inovadora (Universidade de Évora, 2017). Os “barticles” permitem estimar o recrutamento que ocorreu num determinado intervalo de tempo, assim como o tamanho dos percebes com idade máxima conhecida que corresponde ao período de amostragem/escala temporal medida. No caso dos índices de recrutamento em conspecíficos, foram considerados dois índices diferentes baseados respetivamente em *cypris* e juvenis com RC inferior a 0.6 mm, e em *cypris* e juvenis com RC inferior a 1 mm.

A época de recrutamento foi diferente consoante o índice utilizado. Considerando o recrutamento quinzenal em “barticles”, a época de recrutamento teve início em julho de 2016 e durou até ao fim de outubro do mesmo ano. A época de recrutamento obtida através do recrutamento mensal em “barticles” teve início no fim do mês de agosto de 2016 e durou até ao fim do mês outubro do mesmo ano. Em 2017 começou a obter-se valores de recrutamento no mês de junho, sendo que se obtiveram valores nulos de recrutamento desde o final de novembro de 2016 até maio de 2017. O recrutamento quinzenal estimado através do número médio de *cypris* em conspecíficos indica que a época de recrutamento em 2016 teve início em julho e durou até ao início do mês de novembro. Foram obtidos valores nulos de recrutamento entre os meses de dezembro de 2016 e maio de 2017. No ano de 2017 a época de recrutamento terá iniciado no mês de

junho tendo em conta o número de *cypris* em conspecíficos. Considerando o recrutamento quinzenal estimado através do número médio de *cypris* e de juvenis ($RC < 0.6$ mm) fixos em conspecíficos, a época de recrutamento teve início em julho de 2016 e durou até ao início de dezembro do mesmo ano. Com a análise do recrutamento mensal estimado através do número de *cypris* e de juvenis ($RC < 1$ mm) fixos em conspecíficos, a época de recrutamento teve início em julho de 2016 e durou até ao início de dezembro do mesmo ano. Já em 2017 a época de recrutamento teve início no mês de junho. O recrutamento quinzenal estimado através da percentagem de conspecíficos com *cypris* sugere que a época de recrutamento se inicia em julho de 2016 e se estende até ao início de novembro do mesmo ano. Entre dezembro de 2016 e abril de 2017 foram obtidos valores nulos deste índice de recrutamento, sendo que a época de recrutamento em 2017 teve início no mês de maio. O índice de recrutamento estimado através da percentagem de conspecíficos com *cypris* ou com juvenis ($RC < 0.6$ mm) teve início em julho de 2016 e manteve valores elevados ($> 75\%$) até dezembro do mesmo ano. Por outro lado, o índice de recrutamento estimado pela percentagem de conspecíficos com *cypris* ou com juvenis ($RC < 1$ mm) teve início em julho de 2016 mantendo valores elevados ($> 70\%$) até início de março de 2017. Entre março e junho de 2017 foram registados valores de recrutamento entre 40 e 70%, sendo que a partir do fim de junho foram obtidos novamente valores elevados de recrutamento (100%).

Também em estudos realizados anteriormente (1990-1992) por Cruz (2000) no mesmo local e utilizando o índice de recrutamento do número de *cypris* e juvenis com RC inferior a 0.6 mm e a 1 mm, se obteve uma época de recrutamento parecida à época de recrutamento definida no presente estudo. No entanto no estudo de Cruz (2000) o início da época de recrutamento demonstrou ser mais tardio (início de setembro em 1990 e 1992) comparativamente ao presente trabalho (final de julho). No estudo de Cruz (2000) obtiveram-se valores de recrutamento médio entre 5 e 15 recrutas durante a época de recrutamento (de agosto a novembro de 1991), enquanto no presente trabalho foram obtidos valores superiores de recrutamento médio entre 20 e 105 recrutas (de agosto a dezembro de 2016).

Num outro estudo realizado por Macho (2006) na Galiza (1999-2001) no qual foi utilizado como índice de recrutamento a percentagem de juvenis com RC inferior a 1 mm e que não apresentassem pedúnculo visível, foi observada variação inter-anual da época do recrutamento. No estudo de Macho (2006) os valores de recrutamento variaram entre 0% e 75%. No ano de 1999 obtiveram-se valores de recrutamento próximos de 0% entre janeiro e agosto e valores superiores a 50% entre os meses de agosto e novembro. Em 2000, o recrutamento obtido foi sempre inferior a 50%. Já em 2001, a variação do recrutamento foi semelhante a 1999. Estes resultados contrariam os obtidos no presente trabalho, onde através da utilização de um índice semelhante (percentagem de conspecíficos com juvenis com $RC < 0.6$ mm ou com $RC < 1$ mm), foi considerado que o recrutamento ocorria durante todo o ano. Apesar destes índices não serem exatamente iguais, não parece que o índice de recrutamento de percentagem de *cypris* ou juvenis com RC inferior a 0.6 mm ou com RC inferior a 1 mm seja um bom índice para estudar a variação do recrutamento na costa portuguesa. Com a utilização deste índice durante o período de maior recrutamento, os valores são pouco variáveis e perto de 100% o que indica uma saturação potencial deste índice não permitindo detetar variação do recrutamento nesta altura do ano. Na verdade, através dos índices de recrutamento obtidos pelo número de *cypris* em conspecíficos, número de recrutas em “barticles” e número de recrutas em conspecíficos (*cypris* e juvenis com $RC < 0.6$ mm e $RC < 1$ mm), a variação do recrutamento foi mais acentuada do que a variação observada quando se utilizou o índice de percentagem de conspecíficos com recrutas (*cypris* e/ou juvenis).

Foram obtidas correlações positivas significativas entre o recrutamento quinzenal em “barticles” e os índices de recrutamento em conspecíficos, mas a correlação mais elevada foi a estabelecida entre o recrutamento quinzenal em “barticles” e o número médio de *cypris* e juvenis com RC inferior a 0.6 mm, o que indica que na impossibilidade de se utilizarem os “barticles”, este é o índice que mais se relaciona com o recrutamento que ocorreu nos 15 dias anteriores à data de amostragem. Também se obtiveram correlações positivas significativas entre o recrutamento mensal em “barticles” e os índices de recrutamento em conspecíficos, mas a correlação mais elevada foi a estabelecida entre o recrutamento mensal em barticles e o número médio de *cypris* e juvenis com RC inferior a 1 mm, o que indica que na impossibilidade de se usarem os

“barticles”, este é o índice que mais se relaciona com o recrutamento que ocorreu no mês anterior à data de amostragem. No entanto, nestas comparações mensais, não foram utilizados os índices relativos a juvenis com RC inferior a 0.6 mm por não existirem dados na totalidade do período anual de amostragem, pelo que em estudos futuros devia ser incluída esta escala dimensional nestas comparações.

O recrutamento obtido através dos “barticles” demonstrou ser o melhor índice de recrutamento pelo facto de se ter obtido uma boa estimativa do recrutamento num período de tempo conhecido assim como a idade máxima dos recrutas fixos. A utilização dos “barticles” não causa impacto negativo nas populações desta espécie pela remoção de indivíduos adultos para medição do recrutamento e o processamento das amostras é mais simples e menos moroso.

A utilização dos “barticles” e a troca dos mesmos permitiu estimar o recrutamento de percebe a diferentes escalas temporais (15 dias, 1 mês, 2, 3, 6 e 12 meses). Foram verificados dois padrões: o somatório do recrutamento das datas de recrutamento quinzenal foi sempre inferior ao respetivo recrutamento medido nas escalas temporais superiores (1 mês, 2, 3 e 6 meses); o recrutamento de 6 meses foi sempre inferior ao respetivo somatório de recrutamento mensal, de 2 e de 3 meses.

A menor acumulação de recrutas durante períodos consecutivos de 15 dias comparativamente a escalas temporais superiores pode estar associada à ausência inicial de biofilmes nos “barticles”, que poderá ser necessária para a fixação e sobrevivência larvar. Num estudo anterior realizado por Balch & Scheibling (2000) foram utilizados substratos artificiais para estimar o recrutamento de equinodermes. O recrutamento das espécies de equinodermes estudadas foi mais elevado nos coletores que permaneceram 48 dias na zona intertidal do que nos coletores dos três períodos de 16 dias somados e correspondentes ao mesmo período de tempo dos 48 dias. A justificação por estes autores encontrada para esta variação dos valores de recrutamento é a ausência de biofilmes nos substratos que permaneceram menos tempo no terreno em contacto com o meio envolvente.

A diminuição do número de recrutas nos “barticles” da escala temporal de 6 meses comparativamente às outras escalas inferiores (1 mês, 2 e 3 meses) pode estar associada a uma maior mortalidade e/ou maior migração dos juvenis para o substrato rochoso. Tendo em conta que o espaço disponível para a fixação e sobrevivência dos percebes nos “barticles” é limitado, pode ser esperado que em “barticles” que estão no terreno mais tempo (6 meses) a competição interespecífica e intraespecífica seja superior. Num estudo de Osman *et al.* (1989), foi verificado que a presença de cirrípedes e de briozoários condicionou o assentamento de ostras da espécie *Crassostrea virginica* e que as ascídias foram um importante fator de predação. Em estudos realizados por Kugele & Yule (1993; 2000) foi observada uma movimentação lenta de juvenis de *Pollicipes pollicipes* ao longo do pedúnculo de conspecíficos. Segundo estes autores, esta movimentação em direção ao substrato poderá estar relacionada com o comportamento gregário desta espécie favorecendo a sua sobrevivência, uma vez que pode fornecer uma maior proteção contra predadores e aumentar o contacto com o fluxo de água e com o alimento.

O somatório das datas de recrutamento mensal e o respetivo recrutamento medido às escalas temporais de 2 e 3 meses não apresentaram diferenças significativas no número de recrutas. Ou seja, parece existir uma relação linear entre o recrutamento medido a estas três escalas temporais e o tempo em que os “barticles” estiveram dispostos na zona intertidal.

Relativamente aos juvenis fixos em “barticles” foi observado a existência de uma variabilidade na estrutura dimensional entre julho de 2016 e junho de 2017. Durante os meses de verão e início de outono registou-se uma maior quantidade de juvenis de menores dimensões ($RC < 0.6$ mm) comparativamente aos meses de outono (mais juvenis com $RC > 0.6$ mm). O maior número de recrutas de menores dimensões durante as datas de verão pode estar associado ao recrutamento mais intenso que ocorreu nesse período e consequentemente a uma maior competição intraespecífica que poderá ter conduzido a um menor crescimento durante o verão.

O tamanho máximo atingido pelos juvenis foi sempre superior quando havia uma menor quantidade de juvenis fixos em “barticles” em todas as escalas temporais. No recrutamento mensal em “barticles” a 2 de setembro (n=633) cerca de 90% de juvenis apresentou um RC inferior a 0.6 mm, sendo que a 29 de dezembro (n=10) todos os juvenis apresentaram um RC superior a 0.6 mm. A diferença na estrutura dimensional entre o verão e o outono poderá também resultar de um menor crescimento individual no verão em comparação com o outono. Não existem muitos estudos sobre a variação sazonal do crescimento de percebes, no entanto, resultados dum estudo anterior apontam para um maior crescimento dos juvenis de percebe durante os meses de verão comparativamente aos meses de inverno (Cruz *et al.*, 2016a), o que parece contrariar o padrão observado no presente estudo de eventual menor crescimento no verão.

No caso da estrutura dimensional dos juvenis em conspecíficos, foi observado na maioria das datas entre julho e dezembro de 2016 uma maior frequência relativa dos juvenis com RC inferior a 0.6 mm, e uma reduzida variabilidade da estrutura dimensional dos recrutas. Esta observação poderá ser causada por assentamento ao longo de todo este período e elevada mortalidade precoce dos juvenis ou assentamento ao longo de todo este período e/ou paragem do crescimento dos juvenis. Com base nos resultados do recrutamento em “barticles”, não foi observado recrutamento em novembro e em dezembro, enquanto no recrutamento em conspecíficos, a maior percentagem de juvenis em novembro e dezembro tem dimensões inferiores a 1 mm (RC). Num estudo anterior sobre o crescimento de percebe no Cabo Sardão (Jacinto *et al.*, 2015) foi observada uma elevada variabilidade do crescimento dos percebes, tendo sido observado ausência de crescimento em alguns percebes. Os resultados obtidos no presente trabalho sobre a estrutura dimensional dos recrutas em “barticles” e a aparente menor dimensão dos percebes quando a densidade dos recrutas por “barticle” é maior, suporta a teoria de uma diminuição/paragem do crescimento dos recrutas em conspecíficos quando o número de percebes fixos em conspecíficos é elevado. Posto isto, o facto de a época de recrutamento em conspecíficos ser mais longa estendendo-se até dezembro pode estar relacionada com uma eventual paragem/diminuição considerável de crescimento dos juvenis, como é sugerido através da estrutura dimensional em conspecíficos.

Recrutamento de *Pollicipes pollicipes* e variáveis ambientais

Das correlações realizadas entre o recrutamento quinzenal em “barticles” e as variáveis ambientais, obtiveram-se correlações positivas com a temperatura do ar e a temperatura da água do mar ($r_s=0.876$ e $r_s=0.711$ respetivamente). As restantes variáveis analisadas (humidade, velocidade do vento, altura da ondulação, período da ondulação, índice de afloramento costeiro e stress do vento nas componentes este-oeste e sul-norte) não demonstraram ter uma correlação significativa com o recrutamento de percebe em “barticles”.

Uma explicação possível para a correlação positiva entre o recrutamento e a temperatura da água do mar poderia ser o processo de afloramento costeiro que nalguns estudos sobre o recrutamento de espécies marinhas tem sido referido como potencial mecanismo de transporte larvar para a costa (em períodos de afundamento costeiro/“downwelling”) e para longe da costa (em períodos de afloramento costeiro/“upwelling”) (Farrell *et al.*, 1991; Wing *et al.*, 1995; Morgan *et al.*, 2011). No caso do recrutamento de percebe, num estudo realizado por Macho (2006) na Galiza foi também sugerida esta relação. Porém, no presente estudo, não foi observada nenhuma relação com o índice de afloramento costeiro ou com o stress do vento que pode estar associado também a este processo.

Uma potencial explicação para a relação entre a temperatura e o recrutamento poderá estar relacionada com a reprodução e o desenvolvimento larvar desta espécie. Estudos anteriores evidenciaram uma relação positiva entre a atividade sexual dos percebes e a temperatura da água do mar (Cruz e Hawkins, 1998). Também Franco *et al.* (2015), num estudo realizado em condições laboratoriais, observou um maior número de percebes com ovos e um tempo mais curto do desenvolvimento embrionário a temperatura mais elevada (24°C). Por outro lado, o desenvolvimento larvar do percebe em laboratório foi mais curto a temperaturas mais elevadas (17°C e 20°C) do que a temperaturas mais baixas (14°C) (Franco *et al.*, 2016). Assim, pode esperar-se que temperaturas mais elevadas aumentem o número de percebes com ovos e que o desenvolvimento embrionário seja mais curto, assim como o desenvolvimento larvar. Uma menor duração do tempo de desenvolvimento larvar poderá causar um menor

afastamento das larvas da costa e ter como consequência uma maior disponibilidade larvar junto à costa e uma potencial maior intensidade do assentamento larvar.

Em estudos futuros, deviam ser amostradas mais épocas de recrutamento e utilizados modelos com várias variáveis preditivas em simultâneo para explicar o recrutamento do percebe.

Disponibilidade larvar de *Pollicipes pollicipes*

Apesar da elevada abundância de percebes adultos no Cabo de Sines e da reduzida abundância de percebes no Porto de Sines (imediatamente a sul do Cabo de Sines) que poderia ser explicada por uma maior disponibilidade larvar no Cabo de Sines, não se obteve diferenças significativas na abundância de *cypris* de percebe durante 4 dias entre o Cabo de Sines e o interior do Porto de Sines (Porto de Recreio). Estes resultados contrariam os obtidos por Figueira (2015) num estudo realizado nos mesmos locais e com a mesma metodologia, em que foi observada uma maior disponibilidade de *cypris* de percebe no Cabo de Sines. No entanto, ambos os estudos foram realizados com o recurso a armadilhas de *cypris* (“*cypris* trap”) que poderão não ser o melhor método para estimar a abundância de *cypris* desta espécie, devido à quantidade de larvas amostradas por armadilha ser muito pequena (no presente trabalho, o máximo observado em 4 dias foi de 5 *cypris*). Os resultados do presente trabalho, bem como os de Figueira (2015), contrariam a teoria de uma maior retenção larvar a sul dos cabos (Morgan *et al.*, 2011) que parece ocorrer com algumas espécies costeiras, mas não com o percebe.

Estas armadilhas, adaptadas das utilizadas por Dudas *et al.* (2009) para estimar a abundância de *cypris* de cirrípedes e mexilhão, também foram utilizadas para testar se havia um padrão de variabilidade intradiário (Dia *versus* Noite) de disponibilidade de *cypris* de percebe, padrão esse que não foi observado. Como as armadilhas que amostraram a variação intradiária da disponibilidade de *cypris* de percebe estiveram colocadas no terreno ao mesmo tempo que o estudo da variação espacial (Cabo de Sines *versus* Porto de Sines) que utilizou uma periodicidade amostragem de 4 em 4 dias, foi possível comparar os respetivos valores de abundância de *cypris*. Comparando os somatórios das abundâncias medidas nas armadilhas que amostraram o dia e a noite com as das armadilhas que permaneceram na zona intertidal do Porto de Recreio durante os

vários períodos de 4 dias, foi possível observar que as armadilhas das amostragens de 4 dias retiveram consistentemente menos *cypris*. Esta comparação sugere que estas armadilhas não são um bom método para estimar a abundância de larvas de percebe num período curto nem num período alargado de tempo, pois os valores de abundância foram sempre muito baixos.

Na verdade, o método dos arrastos superficiais de plâncton no Porto de Recreio de Sines demonstrou ser mais eficaz na colheita de larvas *cypris* de percebe, uma vez que se verificou a presença de *cypris* em praticamente todas as horas amostradas (0h, 10h, 13h, 18h, 22h) ao longo do período de amostragem (24 de setembro de 2016 a 1 de outubro de 2016). Os valores de densidade obtidos (entre 1 e 36 *cypris* m⁻³) indicam mais uma vez que ocorre disponibilidade larvar de *cypris* de percebe no interior do Porto de Sines. Não foram obtidas diferenças significativas na disponibilidade larvar a diferentes horas do dia/noite (0h, 10h, 13h, 18h, 22h). Também Tapia *et al.* (2010) não observaram diferenças significativas entre o dia e a noite da disponibilidade de *cypris* de *Pollicipes polymerus* na Califórnia. No entanto, estes autores verificaram a presença de uma maior quantidade de larvas *cypris* desta espécie em profundidades entre os 21 e os 29 metros comparativamente às profundidades entre 0.5 e 9 metros. No presente trabalho, apenas foi amostrada a superfície da água, sendo aconselhável estudar a distribuição vertical da abundância de *cypris* de percebe em estudos futuros.

Variabilidade espacial do recrutamento de *Pollicipes pollicipes*

A variação espacial do recrutamento foi estudada utilizando “barticles” e indivíduos adultos de *Pollicipes pollicipes* em locais com diferentes hidrodinamismo e abundância de conspecíficos.

Os resultados obtidos suportam a relação positiva entre a intensidade do recrutamento de percebe e a exposição à ondulação dominante/menor abundância de percebes. Também em Jacinto (2016) foi observado recrutamento mais elevado em substratos artificiais em zonas mais expostas comparativamente a zonas mais resguardadas da agitação marítima.

Nas áreas mais expostas do Cabo de Sines foi observado recrutamento de percebe em “barticles”, sem haver diferenças significativas nos vários fatores testados (grupo de conspecíficos, predação, distância a conspecíficos). As larvas *cypris* fixaram-se e sobreviveram nos “barticles” independentemente de estes estarem ou não protegidos da predação, da distância a que foram colocados relativamente aos conspecíficos e de os conspecíficos terem sido transplantados ou serem grupos que naturalmente existiam na área. Nestas áreas foi observado elevado recrutamento em conspecíficos.

Nas áreas abrigadas do Cabo de Sines, assim como dentro do Porto de Sines, não foi observado recrutamento em “barticles”, porém foi observado recrutamento em conspecíficos, o que mais uma vez suporta a teoria de que a disponibilidade larvar não limita o recrutamento e a abundância de percebe nestas áreas. Este padrão contraditório de recrutamento nas áreas abrigadas poderá estar relacionado com uma maior seletividade larvar das *cypris* de percebe por conspecíficos em áreas onde o percebe é raro/ausente do que em zonas expostas onde a abundância de percebes é elevada. Outros estudos apontam para que as larvas *cypris* de percebe (*Pollicipes polymerus*) possam ser mais seletivas do que as de outros cirrípedes (Pineda, 1994).

Uma outra explicação poderá ser a maior competição interespecífica nos “barticles” colocados em zonas abrigadas comparativamente às zonas expostas. Com base no presente trabalho, foi sugerido que a fixação dos percebes em “barticles” possa não ser imediata após a colocação dos “barticles” no substrato. Assim, se existir fixação inicial por parte de outras espécies mais oportunistas que os percebes (ex.: cracas e mexilhões) em zonas abrigadas, esta colonização inicial por outras espécies poderá dificultar a fixação larvar dos percebes. Na verdade, foi comum observar os “barticles” colocados no interior do Porto de Sines cobertos por outras espécies como as cracas (ver Figura 49), não tendo o mesmo sido observado nos “barticles” colocados no Cabo de Sines. No caso do pedúnculo dos conspecíficos onde se observa a grande maioria do recrutamento dos percebes, a fixação por outras espécies não é comum.



Figura 49 – A: "Barticle" colocado na zona intertidal de uma área resguarda no interior do Porto de Sines; **B:** "Barticles" colocados na zona subtidal de uma área resguardada no interior do Porto de Sines.

Alem disto, poderá também ter ocorrido fixação de *cypis* de percebe em "barticles" das zonas abrigadas acrescida de mortalidade total até ao momento da observação. Em zonas mais abrigadas, a predação é potencialmente mais elevada, como já tem sido observado noutros estudos (Menge & Sutherland, 1976; Menge, 1978; Jacinto, 2016). Esta teoria é suportada pelo menor número de recrutas marcados nos conspécíficos que foram transplantados para o local mais abrigado de todos os que foram estudados (Porto de Recreio), comparativamente às restantes áreas. Não se esperaria uma variação no número de juvenis marcados entre as áreas estudadas, pelo facto de corresponderem ao recrutamento que ocorreu no Cabo de Sines anteriormente à data de colocação dos transplantes nas diversas áreas. Esta variação observada no número de juvenis marcados pode ser devida à ocorrência de uma maior mortalidade dos juvenis no Porto de Recreio.

Não foram obtidas diferenças significativas entre o recrutamento em conspécíficos no subtidal e no intertidal do Porto de Sines, ou seja, não parece que a diferença do recrutamento explique a variação intertidal/subtidal da abundância de percebes. No entanto o recrutamento foi significativamente mais elevado no Molhe Leste, local mais hidrodinâmico do que o Porto de Recreio. A maior mortalidade dos juvenis na área mais abrigada à ondulação (Porto de Recreio) pode ser a explicação para a diferença significativa observada.

Finalmente, o facto de não ter sido observado, em estudos anteriores, recrutamento em “barticles” colocados em PVC no Porto de Sines (Cruz *et al.*, 2016), não parece ser devido à natureza do substrato onde foram colocados os “barticles”. No presente trabalho foi observado recrutamento em “barticles” colocados na rocha e em PVC no Cabo de Sines, apesar de o recrutamento ter sido mais elevado em “barticles” colocados na rocha.

6. CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho foi possível: 1) obter recrutamento de percebe num substrato artificial novo (“barticle”); 2) obter a variação temporal do recrutamento de percebe em “barticles” e em conspecíficos; 3) estudar índices de recrutamento em “barticles” e em conspecíficos e definir a época de recrutamento utilizando cada índice; 4) estudar a estrutura dimensional dos juvenis fixos em “barticles” e em conspecíficos; 5) relacionar o recrutamento de percebe com variáveis ambientais; 6) estudar a variação espacial e temporal da disponibilidade larvar de percebe; 7) estudar a variação espacial do recrutamento de percebe em locais com acentuada variação de exposição ao hidrodinamismo e de abundância de percebe.

O recrutamento obtido através dos “barticles” demonstrou ser o melhor índice de recrutamento pelo facto de se ter obtido uma boa estimativa do recrutamento num período de tempo conhecido assim como a idade máxima dos recrutas fixos. O índice de recrutamento medido através da percentagem de conspecíficos com recrutas fixos não demonstrou ser o índice mais indicado para compreender a variação do recrutamento por apresentar sempre valores muito próximos de 100% e com pouca variação ao longo do tempo.

Através de cada índice foi possível definir a época de recrutamento do percebe. Considerando o recrutamento quinzenal em “barticles”, a época de recrutamento teve início em julho de 2016 e durou até ao fim de outubro do mesmo ano. A época de recrutamento obtida através do recrutamento mensal em “barticles” teve início no fim do mês de agosto de 2016 e durou até ao fim do mês outubro do mesmo ano. O recrutamento quinzenal estimado através do número médio de *cypris* em conspecíficos indica que a época de recrutamento em 2016 teve início em julho e durou até ao início do mês de outubro. Considerando o recrutamento quinzenal estimado através do número médio de *cypris* e de juvenis ($RC < 0.6$ mm e $RC < 1$ mm) fixos em conspecíficos, a época de recrutamento teve início em julho de 2016 e durou até ao início de dezembro do mesmo ano. O recrutamento quinzenal estimado através da percentagem de conspecíficos com *cypris* sugere que a época de recrutamento se inicia em julho de 2016 e se estende até ao início de novembro do mesmo ano. O índice de recrutamento estimado através da percentagem de conspecíficos com *cypris* ou com juvenis ($RC < 0.6$ mm) teve início em

julho de 2016 e manteve valores elevados (>75%) até dezembro de 2016. Por outro lado, o índice de recrutamento estimado pela percentagem de conspecíficos com *cypris* ou com juvenis ($RC < 1$ mm) teve início em julho de 2016 mantendo valores elevados (>70%) até início de março de 2017.

O recrutamento em “barticles” durante 1, 2 e 3 meses foi sempre superior ao somatório do recrutamento quinzenal que ocorreu a essas escalas. O recrutamento em “barticles” durante 6 meses foi inferior ao respetivo somatório do recrutamento mensal, em 2 e em 3 meses

Com a medição de RC dos juvenis fixos em “barticles” e em conspecíficos obteve-se a variação da estrutura dimensional nas diferentes datas de amostragem nas quais se obteve a presença de mais juvenis com menores dimensões ($RC < 0.6$ mm) nos meses de verão.

O recrutamento de percebe em “barticles” foi relacionado com variáveis ambientais, estando a temperatura do ar e a temperatura da água do mar significativamente correlacionadas com o recrutamento de percebe.

As “*cypris* trap” não se revelaram um bom método de amostragem das *cypris* de percebe, pois o número de larvas obtido por armadilha foi baixo e as armadilhas que estiveram colocadas mais tempo no terreno não colheram mais larvas do que as que estiveram menos tempo. No entanto, através dos arrastos de plâncton foi possível observar uma quantidade elevada de *cypris* no interior do Porto de Sines, não tendo sido encontradas diferenças significativas entre as horas amostradas (0h, 10h, 13h, 18h e 22h) ou o período diurno e noturno.

O estudo da variação do recrutamento em “barticles” suporta a relação positiva entre a intensidade do recrutamento de percebe e a exposição à ondulação/menor abundância de percebe. Ou seja, nas zonas mais expostas à ondulação e onde o percebe é mais abundante, obtiveram-se valores de recrutamento elevados, enquanto em locais mais resguardados à ondulação e onde o percebe é raro/ausente, o recrutamento em “barticles” foi nulo. Apesar da ausência de recrutamento no interior do Porto de Sines em “barticles” na zona intertidal e subtidal, foi observado recrutamento em conspecíficos nas áreas mais resguardadas da ondulação no Cabo de Sines e no interior do Porto de Sines (Porto de Recreio e Molhe Leste). No entanto, não se obtiveram diferenças significativas entre o recrutamento em conspecíficos na zona intertidal e subtidal.

Os resultados obtidos no presente estudo têm aplicação direta em estudos sobre a monitorização do recrutamento do percebe. Por outro lado, o conhecimento obtido através da utilização dos “barticles” pode ter aplicações práticas em conservação e recuperação de populações exploradas de percebe, bem como em aquacultura de percebes, utilizando os “barticles” como substrato de fixação larvar.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson D. T., 1994. Barnacles: structure, function, development and evolution. London, United Kingdom. Chapman & Hall.
- Balch T., Scheibling R. E., 2000. Temporal and spatial variability in settlement and recruitment of echinoderms in kelp beds and barrens in Nova Scotia. Mar. Ecol. Prog. Ser., 205: 139-154.
- Bald, J., A. Borja, Muxika I., 2006. A system dynamics model for the management of the gooseneck barnacle (*Pollicipes Pollicipes*) in the marine reserve of Gaztelugatxe (Northern Spain). Ecol. Model., 194: 306-315.
- Barnes M., 1996. Pedunculate cirripedes of the genus *Pollicipes*. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., 34: 303-394.
- Borja, A., Muxika I., Bald J., 2006b. Protection of the goose barnacle *Pollicipes Pollicipes*, Gmelin, 1790 population: the Gaztelugatxe Marine Reserve (Basque Country, northern Spain). Sci. Mar., 70: 235-242.
- Cardoso A., Yule A., 1995. Aspects of the reproductive biology of *Pollicipes Pollicipes* (Cirripedia; Lepodomorpha) from the southwest coast of Portugal. Netherlands J. Aquat. Ecol., 29: 391–396.
- Coelho, M. R., 1991. A field study on *Pollicipes pollicipes* settlement. M.Sc. Thesis, University College of North Wales.
- Connell J. H., 1985. The consequences of variation of initial settlement vs. post settlement mortality in rocky intertidal communities. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 93: 11-45.
- Cruz T., Hawkins, S. J., 1998. Reproductive cycle of *Pollicipes pollicipes* at Cabo de Sines, south-west coast of Portugal. J. Mar. Biol. Assoc., 78: 483 – 496.
- Cruz T., 2000. Biologia e ecologia do percebe, *Pollicipes pollicipes* (Gmelin, 1790), no litoral sudoeste português. Dissertação de Doutoramento, Universidade Évora.
- Cruz, T., 2003. Padrões espaciais e temporais de recrutamento de larvas de cracas. Shelf processes controlling recruitment to littoral populations in an eastern oceanic boundary: using barnacles and crabs as models. Relatório de Execução Material, 15-28, University of Aveiro, Aveiro, Portugal.

- Cruz, T., Oliveira, P. B., Fernandes, J. N., Angélico, M. M., Castro, J. J., Lima, N. T., Quintela, M. F., 2009. Relatório final do projeto “VERY NEAR – Partidas e chegadas à costa de larvas de cirrípedes no litoral SW de Portugal: processos físicos muito próximos da costa e comportamento” (POCI/MAR/57630/2004).
- Cruz T., Castro J.J., Hawkins S.J., 2010. Recruitment, growth and population size structure of *Pollicipes pollicipes* in SW Portugal. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 392: 200-209.
- Cruz, T., Oliveira, P., Peliz, A., Seabra, M.I., Fernandes, J.N., Lamas, L., Trindade, A., Jacinto, D., Angélico, M. M., Ribeiro, P., Silva, T., Silva, D., Castro, J. J., Dias, J., Pineda, J., Hawkins, S. J., 2013. Relatório final do projeto “Rise & Shine- Recrutamento de invertebrados no intertidal rochoso: diferentes componentes, escalas e processos. PTDCI/BIA-BEC/103734/2008). 113 páginas.
- Cruz T., Jacinto D., Sousa A., Penteado N., Pereira D., Fernandes J. N., Silva T., Castro J. J. 2015a. The state of the fishery, conservation and management of the stalked barnacle *Pollicipes pollicipes* in Portugal. Mar. Environ. Res., 112: 73– 80.
- Cruz, T., Fernandes, J. N., Van Syoc, R. J., Newman, W., 2015b. Manual da Classe Thecostraca. Subclasse Cirripedia. Superordem Thoracica. Ordem Lepadiformes, Ordem Scalpelliformes, Ordem Verruciformes e Ordem Balaniformes.
- Cruz, T., Jacinto, D., Sousa, A., Penteado, N., Silva, T., Fernandes, J. N. & Castro, J., 2016a. PERCEBES- Gestão, Ecologia e Conservação do Percebe em Portugal. Relatório final do projeto piloto 31-03-05-FEP-11. Universidade de Évora, Laboratório de Ciências do Mar e MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente.
- Cruz T., Jacinto D., Fernandes J. N., Seabra M. I., Silva T., Franco S. C., Castro J. J., 2016b. The stalked barnacle (*Pollicipes pollicipes*) fishery, management, conservation and aquaculture in Portugal: problems and challenges. XIX Iberian Symposium on Marine Biology Studies, Porto, Portugal 5-9 september.
- Dudas, S. E., Rilov, G., Tyburczy, J., Menge, B. A., 2009. Linking larval abundance, onshore supply and settlement using instantaneous versus integrated methods. Mar. Eco. Prog. Ser., 387: 81-95.

- Ekman, V. W., 1905. On the influence of the earth's rotation on ocean currents. Ark. Mat. Astron. Fys., 11: 1-55.
- Farrell, T. M., Bracher, D., Roughgarden, J., 1991. Cross-shelf transport causes recruitment to intertidal populations in central California. Limnol. Oceanogr., 36: 279-288.
- Figueira, M., 2015. Disponibilidade larvar, recrutamento, estrutura dimensional e crescimento de percebes (*Pollicipes pollicipes*) no Cabo de Sines. Orientador: Teresa Cruz. Coorientadores: David Jacinto e Joana Fernandes. Dissertação de mestrado em Gestão e Conservação de Recursos Naturais, Universidade de Évora, 72 páginas.
- Fiúza, A. F. G., Macedo, M. E., Guerreiro, M. R., 1982. Climatological space and time variation of the Portuguese coastal upwelling. Oceanol. Acta, 5: 31-40.
- Fiúza, A. F. G., 1984. Hidrologia e dinâmica das águas costeiras de Portugal. Dissertação de Doutoramento, Universidade de Lisboa, 294 páginas.
- Franco S., 2014. Aquaculture of stalked barnacles (*Pollicipes pollicipes*). PhD thesis in Marine Science, Newcastle University, Newcastle Upon Tyne (UK), 218 páginas
- Franco S. C., Aldred N., Sykes A. V., Cribreiro, A. P., Cruz T., Clare A. S., 2015. The effects of rearing temperature on reproductive conditioning of stalked barnacles (*Pollicipes pollicipes*). Aquaculture, 448: 410-417.
- Franco S. C., Aldred N., Cruz T., Clare A. S., 2016. Effects of culture conditions on larval growth and survival of stalked barnacles (*Pollicipes pollicipes*). Aquaculture Research. 1-14.
- Gill A. E., 1982. Atmosphere-Ocean Dynamics. Academic Press, New York, 30: 662 páginas
- Helms A. R., 2004. Living on the edge: juvenile recruitment and growth of the gooseneck barnacle *Pollicipes polymerus*. M.Sc. Thesis, Univ. Oregon, 107 páginas.
- Hoffman, D. L., 1989. Settlement and recruitment patterns of a pedunculated barnacle *Pollicipes polymerus* Sowerby, off La Jolla, California. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 125: 98 pp.

- Jacinto D., Cruz T., 2008. Tidal settlement of the intertidal barnacles *Chthamalus* spp. in SW Portugal: interaction between diel and semi-lunar cycles. Mar. Ecol. Prog. Ser., 366: 129–135.
- Jacinto D., Cruz T., Silva T., Castro J.J. 2010. Stalked barnacle (*Pollicipes pollicipes*) harvesting in the Berlengas Nature Reserve, Portugal: temporal variation and validation of logbook data. ICES J. Mar. Sci., 67: 19–25.
- Jacinto D., Cruz T., Silva T., Castro J.J., 2011. Management of the stalked barnacle (*Pollicipes pollicipes*) fishery in the Nature Reserve of Berlengas (Portugal): evaluation of bag and size limit regulation measures. Sci. Mar., 75: 439–445.
- Jacinto D., Penteado N., Pereira D., Sousa A., Cruz T., 2015. Growth rate variation of the stalked barnacle *Pollicipes pollicipes* (Crustacea: Cirripedia) using calcein as a chemical marker. Sci. Mar., 79: 1-7.
- Jacinto D., Cruz T., 2016. Predicting *Pollicipes pollicipes* (Crustacea: Cirripedia) abundance on intertidal rocky shores of SW Portugal: a multi-scale approach based on a simple fetch-based wave exposure index. Sci. Mar., 80: 1-8.
- Jacinto D., 2016. Living on the intertidal/subtidal edge. Ecology of stalked barnacle *Pollicipes pollicipes* and of the sea urchin *Paracentrotus lividus*. Dissertação de Doutoramento. Universidade de Évora. 195 páginas.
- Jesus, D.M.C., 2003. Gestão do percebe, *Pollicipes pollicipes* (Gmelin, 1790), no Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina. Dissertação de Mestrado em Gestão e Conservação da Natureza, Universidade do Algarve. Orientação: Teresa Cruz (Universidade de Évora). 435 páginas.
- Kugele, M. e Yule, A.B., 1996. The larval morphology of *Pollicipes pollicipes* (Gmelin, 1790) (Cirripedia: Lepadomorpha) with notes on *cypris* settlement. Sci. Mar., 60: 469-480.
- Mace, A.J., Morgan, S.G., 2006. Larval accumulation in the lee of a small headland: implications for the design of marine reserves. Mar. Ecol. Prog. Ser., 318: 19-29.
- Macho, G., 2006. Ecología reproductiva y larvaria del percebe y otros cirrípedos en Galicia. Dissertação de Doutoramento, Universidade de Vigo, Espanha, 266 páginas.

- Mateus D., 2015. Crescimento de juvenis de percebe (*Pollicipes pollicipes*) em diferentes condições ambientais. Orientadora: Teresa Cruz. Coorientadores: David Jacinto e Joana Fernandes. Projeto de Investigação em Ciências Biológicas II. Universidade de Évora, Portugal, 17 páginas.
- Menge, B. A., 1976. Organization of the New England rocky intertidal community: role of predation, competition and environmental heterogeneity. *Ecol. Monog.*, 46: 355-393.
- Menge, B. A., 1978. Predation intensity in a rocky intertidal community: relation between predator foraging activity and environmental harshness. *Oecol.*, 34: 17-35.
- Menge, B. A., 2000. Recruitment v.s postrecruitment processes as determinants of barnacle population abundance. *Ecol. Monog.*, 70: 268-288.
- Menge, B. A., Foley, M. M., Pamplin, J., Murphy, G., & Pennington, C., 2010. Supply-side ecology, barnacle recruitment, and rocky intertidal community dynamics: Do settlement surface and limpet disturbance matter? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 392: 160-175.
- Molares J., Freire J., 2003. Development and perspectives for community-based management of goose barnacle (*Pollicipes pollicipes*) fisheries in Galicia (NW Spain). *Fish. Res.*, 65: 485-492.
- Moran A. 2000. Calcein as a marker in experimental studies newly hatched gastropods. *Mar. Biol.* 137: 893-898
- Morgan, S. G. 2001. The larval ecology of marine communities. *Marine community ecology*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA. 159-181
- Morgan, S. G., Anastasia J. R., 2008. A behavioral tradeoff conserves transport while increasing the risk of predation across the ranges of marine species. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 105: 222–227.
- Morgan, S. G., Fisher, J. L., 2010. Larval behavior regulates nearshore retention and offshore migration in an upwelling shadow and along the open coast. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 404: 109-126.

- Morgan, S. D., Fisher, J. L., Largier, J. L., 2011. Larval retention, entrainment, and accumulation in the lee of a small headland: Recruitment hot spot along windy coasts. *Limnol. Oceanogr.*, 56: 161-178.
- Osman, R., Whitlatch, R., & Zajac R., 1989. Effects of resident species on recruitment into a community: larval settlement versus post-settlement mortality in the oyster *Crassostrea virginica*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 54: 61-73.
- Parrish, R. H., Nelson, C. S., Bakun, A., 1981. Transport mechanisms and reproductive success of fishes in the California Current. *Biol Oceanogr.*, 1: 175-203.
- Pineda J. 1994. Spatial and temporal patterns in barnacle settlement rate along a southern California rocky shore. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 107: 125–138.
- Pineda, J., 2000. Linking larval settlement to larval transport: Assumptions, potentials, and pitfalls. *Oceanography of the Eastern Pacific*, 84-105.
- Pineda J., Reyns N., Starczak V., 2009. Complexity and simplification in understanding recruitment in benthic populations. *Popul. Ecol.*, 51: 17–32.
- Queiroga H., Cruz T., dos Santos A., Dubert J., Gonzalez-Gordillo J.I., Paula J., Peliz A., Santos A.M.P. 2007. Oceanographic and behavioural processes affecting invertebrate larval dispersal and supply in the western Iberia upwelling ecosystem. *Prog. Oceanogr.*, 74: 174–191.
- Quinn, G.P. and Keough, M.J., 2002. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge University Press.
- Roughan M, Mace A. J., Largier J. L., Morgan S. G., Fisher J. L., Carter M. L., 2005. Subsurface recirculation and larval retention in the lee of a small headland: a variation on the upwelling shadow theme. *J. Geophys. Res.*, 110
- Santos, A.M., Borges, M.F., Groom, S., 1997. Sardine and horse mackerel recruitment and upwelling off Portugal. In ICES International Symposium on “Recruitment dynamics of exploited marine populations: physical-biological interactions”. Baltimore.
- Sokal R. R., Rohlf F. J., 1995. *The principles and practice of statistics in biological research*. New York: Edition 3. Freeman and Company 887 pp.

- Sousa A., 2007. Distribuição e abundância do percebe, *Pollicipes pollicipes* (Gmelin, 1790) na Reserva Natural das Berlengas: relação com o hidrodinamismo e efeitos da predação. Orientadora: Teresa Cruz. Trabalho de fim de curso, licenciatura em Biologia, Universidade de Évora.
- Sousa A., Jacinto D., Penteado N., Martins P., Fernandes J., Silva T., Castro J., Cruz T., 2013. Patterns of distribution and abundance of the stalked barnacle (*Pollicipes pollicipes*) in the central and southwest coast of continental Portugal. J. Sea Res., 83: 187-194.
- Strathmann, R., T. Hughes, A. Kuris, K. Lindeman, S. Morgan, J. Pandolfi, R. Warner., 2002. Evolution of local recruitment and its consequences for marine populations. Bul. Mar. Sci., 70: 377–396.
- Suchanek T., 1994. Temperate Coastal Marine Communities: Biodiversity and Threats. Am. Zool., 34: 100–111.
- Tapia, F. J., Navarrete S. A., 2010. Spatial patterns of barnacle settlement in central Chile: Persistence at daily to inter-annual scales relative to the spatial signature of physical variability. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 392: 151-159.
- Underwood, A. J., Keough M. J., 2001. Supply-side ecology: the nature and consequences of variations in recruitment of intertidal organisms. Mar. Community Ecol., 183–200.
- Universidade de Évora, 2017. Pedido provisório de patente do coletor de larvas e juvenis de percebe. Relatório de progresso do projeto AQUAPOLLIS + Aquacultura do percebe (*Pollicipes pollicipes*).
- Walker, G., 1992. Chapter 5: Cirripedia - Microscopic anatomy of invertebrates. Wiley-Liss, 9: 249-312.
- Wing, S. R., Botsford L., Largier J., Morgan L., 1995. Spatial variability in settlement of benthic invertebrates in a northern California upwelling system. Mar. Ecol. Prog. Ser., 12: 199–211.
- Wooster, W. A., Bakun, A., Mclain, D. R., 1976. The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the North Atlantic. J. Mar. Res., 34: 131-141.

- Yan, Y., Benny, K., Chan, K., Williams, G. A., 2004. An improved and simplified trap for quantifying the distribution and supply of planktonic larvae to rocky shores. *J. Plankton Res.*, 26: 247-253.